นิทรรศการ

เทคนิคลี
ครั้งที่ 2

แผนผังบริเวณงาน นิทรรศการเทคโนโลยีครั้งที่ 2

EE. 2	แสดงโครงงานพลังงาน
CE. 1	แสดงโครงงานสภาพแวดล้อม
PE. 1	แสดงโครงงานอุตสาหกรรมการผลิต ส่วนที่ 1
CE. 2	แสดงโครงงานอุตสาหกรรมการผลิต ส่วนที่ 2
ME. 1,2	แสดงผลงานภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกลและเคมี
PE. 1,2,3	แสดงผลงานภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
CE. 1,2,3	แสดงผลงานภาควิชาวิศวกรรมโยธา
EE. 1	แสดงผลงานภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า-อีเลคโทรนิคส์
2	แสดงรายการอภิปรายและประกวดผลงานนักเรียน
4	แสดงห้องสมุด
5	แสดงอุปกรณ์วิทยาศาสตร์
6	แสดงสินค้าจากบริษัทต่างๆ
7	แสดงผลงานทางเทคโนโลยีจากสถานทูตประเทศต่างๆ(จัดฉายภาพยนตร์ทางวิชาการ)
9	บริเวณศูนย์กลางประสานงาน

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
N 139 8
2nd TECHNOLOGY EXHIBITION Bangmod
152

สารบัญ

แผนผังแสดงโครงงาน	2
โครงงานของแต่ละแผนก	3
คำนำ	9
คณะกรรมการจัดงาน	10
อากาศและความสุขสบายของมนุษย์	12
DIGITAL SPEEDOMETER	17
DIGITAL FREQUENCY COUNTER & MULTIMETER	34
พลังงานแสงอาทิตย์	49
การทำแบบหล่อเปลือกบาง	57
การชุบโครเมียมแข็ง	65
การผลิตเหล็กเหนียวจากเตา SIDE BLOWN CONVERTER	83
คอนกรีตน้ำหนักเบาและการผลิต	91
วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของจีนแดง	111
พลังลม	123
เทคโนโลยีกับชีวิตมนุษย์	129
เครื่องแยกธุลีสำหรับเตาหล่อแบบคิวโปลา	141
SPOT WELDING MACHINE	149
กาวและการเลือกใช้กาวสำหรับงานไม้	159
การพัฒนาพลังงานในประเทศไทย	160
โครงงานสะพานแขวนแบบโยงโดยตรง	179
ผลงานนักศึกษา	189
สาราแถลง	195

9.00-19.00 น.

11-17 ธันวาคม 2518

นิทรรศการเทคโนโลยี ครั้งที่ 2

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า ธนบุรี

การแสดงนิทรรศการของภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

สถาบันเทคโนโลยี

วัตถุประสงค์ของการแสดง

1) เป็นการแสดงวิธีการใช้เครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่ใช้ในขบวนการผลิตด้านอุตสาหกรรม

2) สร้างความคิดริเริ่มแก่ผู้ชม ในด้านการแสดงดัดแปลงอุปกรณ์หรือเครื่องมือซึ่งมีจำกัด ให้สามารถใช้งานหรือทำงานตามความประสงค์ได้

3) แสดง และสร้างเสริมความรู้ทางด้านวิชา เครื่องมือกล หรือผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบ และคำนวณทางด้านวิศวกรรม

4) แสดงความรู้ทางด้าน วัสดุวิทยา การวิเคราะห์วิจัย เรื่องโลหะวิทยา

5) แสดงความรู้ทางด้านมาตรฐานของผลิตภัณฑ์ วิธีการตรวจสอบผลิตภัณฑ์ ด้วยเครื่องมือ หรือการตรวจเพื่อการยอมรับของผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

6) แสดงผลงานของนักศึกษา

ส่วนของการแสดง แบ่งเป็น 4 หัวเรื่อง

1) การแสดงของโรงงานเครื่องมือกล

2) การแสดงของโรงงานหล่อ และโลหะวิทยา

3) การแสดงของโรงงานเชื่อมประสาน โลหะแผ่น และการตกแต่งผลิตภัณฑ์

4) การแสดงวิชาการด้านการบริหารการผลิต

1) การแสดงของโรงงานเครื่องมือกล (โรงงาน)

นอกจากมีการแสดงหลักสูตรของแผนก และความสำคัญของภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการที่มีต่อวงงานอุตสาหกรรมแล้ว โรงงานจะแบ่งหน่วยของการแสดงเป็น 3 หน่วย คือ

1.1 การแสดงเครื่องมือกล

1.1.1 Heat treatment of steel

1.1.2 Metal cutting, tool life and feed rate

1.1.3 Thread & Screw

1.1.4 Balancing of rotating mass

1.1.5 Copy lathe and automatic servo control of copy lathe

1.1.6 Capstan lathe work

1.1.7 Spiral Milling

1.1.8 Jig and Fixture design

1.1.9 Milling by a lathe

1.1.10 Slotting a keyway by a lathe

1.1.11 Boring by a drilling machine

1.1.12 Generating

1.1.13 Broaching and Design

1.1.14 Grinding

1.1.15 การแสดงอื่น ๆ ของเครื่องมือจักรกลโรงงาน

1.2 การวัดตรวจสอบละเอียด การแสดงเรื่อง

1.2.1 Screw thread measuring

1.2.2 Diameter measuring

1.2.3 Electrical & Mechanical Comparator

1.2.4 Monochromatic light units

1.2.5 Projector

1.2.6 Auto Callimator

1.2.7 การวัด dimension ของชิ้นงานโดยใช้อุปกรณ์ต่าง ๆ

1.2.8 การวัด ความเรียบของผิว ความตรงของผิวงาน

1.3 การแสดงการวิจัยตรวจสอบโลหะ

1.3.1 การแสดงวิชาการเรื่องโลหะวิทยาทั่วไป

1.3.2 การแสดงการเตรียม Specimen สำหรับการตรวจสอบโครงสร้าง

1.3.3 การแสดงภาพถ่ายของโครงสร้างโลหะ ประเภทต่าง ๆ

2) โรงงานอุตสาหการ 2

2.1 Pattern design & Making

2.2 Foundry sand Lab

2.3 Foundry practice

2.1 **Pattern design & Mabing**

การแสดงทางวิชาการวิชาทั่วไปของ Pattern ต่าง ๆ

2.2 **Foundry sand Lab**

2.2.1 การทดสอบคุณสมบัติต่าง ๆ ของทรายหล่อ

2.2.2 การแสดงวิชาการเรื่อง Effect ของทรายหล่อต่อชิ้นงาน

2.2.3 Defect ที่เกิดขึ้นในชิ้นงาน

2.3 **Foundry practice**

2.3.1 Sand Molding

2.3.2 CO_2 Process

2.3.3 Shell molding

2.3.4 Die Casting

2.3.5 Centrifugal Casting

2.3.6 Cupola & Products
2.3.7 Crucible Furnace

3. **โรงงานอุตสาหการ 3**
3.1 Electroplating
3.2 Welding process
3.3 Sheet Metal work

3.1 **Electro Plating**
3.1.1 Principal of Electroplating
3.1.2 Copper plating
3.1.3 Nickle plating
3.1.4 Chromium plating
3.1.5 Hard Chromium plating
3.1.6 การทำความสะอาดด้วยสารเคมี และไฟฟ้า
3.1.7 Aluminium Anodizing

3.2 **Welding process**
3.2.1 Design of weld joint and Calculation
3.2.2 Arc Welding processes
3.2.3 Submerch arc Welding
3.2.4 Mig and Tig Welding
3.2.5 Oxy acetylene cutting butane cutting
3.2.6 การทดสอบรอยเชื่อม

3.3 **Sheet Metal Work**
3.3.1 Die Press Work
3.3.2 Development the Sheetmetal work's patterns
3.3.3 แสดงผลงานที่ น.ศ. ได้ทำไว้

4. **แสดงทางวิชาการด้านการบริหารงานการผลิต**
4.1 ภาพยนตร์ เกี่ยวกับการบริหารงานการผลิต
4.2 การทำ work study
4.3 Plant layout
4.4 Inventory control
4.5 Quality control

โครงงานภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

จุดมุ่งหมาย เพื่อ

1) แสดงอุปกรณ์การศึกษาทางด้านวิศวกรรมไฟฟ้า
2) แสดงผลงานของนักศึกษาภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
3) รวบรวมเทคโนโลยีใหม่ ๆ ทางด้านวิศวกรรมไฟฟ้า ออกเผยแพร่
4) เผยแพร่ความรู้พื้นฐานทางด้านวิศวกรรมไฟฟ้า

บริเวณการแสดง

โรงฝึกงานภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

FUNDAMENTAL
- Law
- Basic Measurement
- Basic of Electronic Device
- Basic Electromagnetic

POWER
- Machine
- Power System
- Estimate & Design
- Illumination

ELECTRONICS
- Digital technique
- Electronic Device
- Instrumentation

TRANSFORMER
1. Principle of Operation
2. Transformer Design
3. Transformer Production
4. To determine transformer constants
5. Transformer Connection
6. Parallel operation of transformer
7. Transductor
8. Spot welding transformer
9. Arc welding transformer
10. Current transformer
11. Potential transformer

DC. MACHINES
1. Principle of operation
2. DC. machine windings
3. DC. motor controls
4. Commutativeless DC. machine
5. DC. machine testing

INDUCTION MACHINE
1. Principle of operation
2. Induction motor winding
3. Induction motor control
4. Linear motor

SYNCHRONOUS MACHINES
1. Principle of operation
2. Synchronous generator
3. Synchronous motor
4. Synchronous condenser
5. Machine testing

DEVICES

Inverse time over current relay

Instantaneous over current relay

Power directional relay

Earth fault relay

Definite time relay

ELECTRONIC DEVICE

- Display device
- Operational amp
- Transducer
- Electronic clock
- Calculator
- วิวัฒนาการ IC

POWER SYSTEM

1. Hydro power plant
2. Gas turbine power plant
3. Nuclear power plant
4. Symmetrical component

PROTECTIVE RELAY

1. Types of faults
2. Generator Protection
3. Transformer protection
4. Busbar protection
5. Feeder Protection

แสดง ผลงานนักศึกษา และอื่น ๆ

การแสดงนิทรรศการของภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

วัตถุประสงค์ของการแสดง

1) เป็นการแสดง การทดลองและการตรวจสอบเครื่องมือหรือเครื่องจักรตลอดจนเครื่องกำเนิดแรงทางวิศวกรรมที่ใช้ในอุตสาหกรรมต่าง ๆ

2) ส่งเสริมและแนะนำวิชาการทางด้านเทคโนโลยีแผนใหม่แก่ผู้เข้าชมงาน

3) เป็นการแสดงผลงานของนักศึกษา

รายการที่จะแสดง แบ่งออกเป็น 3 หัวข้อคือ

1) การแสดงเครื่องมือ อุปกรณ์การทดลอง และตรวจสอบ

2) การแสดงการตรวจซ่อม บำรุงรักษาเครื่องจักร และเครื่องยนต์

3) การแสดงสิ่งประดิษฐ์ของนักศึกษา

การแสดงเครื่องมือ อุปกรณ์การทดลอง และตรวจสอบ

- การหาคุณสมบัติต่าง ๆ ของเครื่องกำเนิดแรง เช่นการหากำลังของเครื่องยนต์
- การหาผลที่เกิดจากการไหล เช่นการเกิดแรงเสียดทานในท่อ ตลอดจนไอน้ำ และประโยชน์ของไอน้ำ
- การทดสอบหาคุณสมบัติของวัสดุในทางกล
- ระบบทำความเย็นแบบต่าง ๆ
- การควบคุมเครื่องจักรกลโดยอัตโนมัติ

การแสดงการตรวจซ่อม บำรุงรักษาเครื่องจักร และเครื่องยนต์

- การตรวจสอบเครื่องยนต์โดยเครื่องมืออันทันสมัย
- การปรับปรุงประสิทธิภาพของเครื่องยนต์
- แนะนำการทำงานของเครื่องยนต์ชนิดต่าง ๆ ทั้งในอดีต ปัจจุบัน และอนาคต เช่น แสดงเครื่องกังหันแก๊ส
- การแสดงส่วนประกอบของเครื่องยนต์
- แสดงเครื่องมือที่ใช้ในการซ่อม บำรุง และรักษาเครื่องจักร

การแสดงสิ่งประดิษฐ์ ของนักศึกษา

- เครื่องมือทดสอบความต้านทานของลม
- เครื่องมือทดสอบรางลิ่นชนิดหน้าเรียบ
- เครื่องมือทดสอบหาค่าอ๊อคเทนในน้ำมันเชื้อเพลิง
- ระบบทำความเย็น
- อุปกรณ์นำเอาพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ มาใช้ให้เป็นประโยชน์
- อุปกรณ์เปลี่ยนพลังงานลมให้เป็นพลังงานไฟฟ้า
- เครื่อง numatic control ใช้ลมควบคุมในระบบอัตโนมัติ

โครงงานภาควิชาวิศวกรรมโยธา

จุดมุ่งหมาย

1. **เพื่อแสดงอุปกรณ์การศึกษา**
2. **แสดงผลงานของนักศึกษา**
3. **รวบรวมผลงานและความก้าวหน้าทางด้านวิศวกรรมโยธาออกแสดง**
4. **แสดงเทคนิคพื้นฐานทางด้านวิศวกรรมโยธา**

รายการแสดง

1. **ห้องทดสอบคุณสมบัติทางกลของดิน (Soil Laboratory)**

- แสดงวิธีการจำแนกชนิดของดิน การเจาะ และตรวจสอบชนิดของดินที่ระดับความลึกต่าง ๆ กัน การทดสอบคุณสมบัติทางกลของดินด้วยเครื่องมือชนิดต่าง ๆ เช่น Sieve analysis, (B.R. test, Direct shear test, Unconfined compression test ฯลฯ
- ประโยชน์ของการทดลองที่จะนำไปใช้ ในงานโครงสร้างอาคาร, ถนน, เขื่อนดิน, เสาเข็ม
- แสดงโครงสร้างอาคารซึ่งทรุดตัวหรือพังอันเนื่องมาจากการพังของดิน วิธีการป้อง

กันตลอดจนการตรวจสอบคุณสมบัติของดินในบริเวณที่จะทำการก่อสร้างอาคาร

2. ห้องทดสอบคุณสมบัติของคอนกรีต (Concrete Laboratory)

- การทดสอบซีเมนต์, การคัดขนาดของมวลรวม, การออกแบบส่วนผสม, การทดสอบกำลังของคอนกรีต (ทั้งแบบ destructive และ nondestructive) และสารเคมีต่าง ๆ ที่ใช้ผสมคอนกรีต
- ขบวนการผลิตซีเมนต์ ชนิดต่าง ๆ
- การวิจัยมาตรฐานของคอนกรีตจากหน่วยงานก่อสร้างต่าง ๆ ในประเทศ
- คอนกรีต น.น. เบา ชนิดต่าง ๆ, ประโยชน์, กรรมวิธีการผลิต

3. ห้องทดสอบคุณสมบัติของยางมะตอย (Asphalt Laboratory)

- มาตรฐานของยางมะตอย, การยึดเกาะของยางมะตอยกับโครงสร้างของถนน
- section ถนนชนิดต่าง ๆ ที่ใช้ยางมะตอยเป็นผิวถนน

4. งานสำรวจ (Survey)

- พื้นฐานของงานด้านสำรวจ
- เครื่องมือชนิดต่าง ๆ ที่ใช้ในงานสำรวจ

5. ห้องทดสอบคุณสมบัติของวัสดุก่อสร้าง

- การทดสอบกำลังของวัสดุต่าง ๆ เช่น ไม้, คอนกรีต, โลหะ
- การหาความเค้นที่เกิดขึ้นในโครงสร้างด้วยเครื่องมือ Electrical strain gauge

6. ห้องปฏิบัติการเครื่องจักรที่ใช้ในงานไม้

- เครื่องจักรชนิดต่าง ๆ ที่ใช้ในงานไม้
- การรักษาและซ่อมบำรุง

7. ห้องทดสอบคุณภาพของน้ำ

- มาตรฐานของน้ำ
- การทดสอบคุณภาพของน้ำ
- การทำน้ำเสียให้เป็นน้ำดี
- อุปกรณ์ต่าง ๆ

8. Epoxy resins

- การนำ Epoxy resins ไปประยุกต์ใช้ในงานก่อสร้าง และซ่อมแซม

9. เครื่องสูบคอนกรีต (Concrete pumps)

- ชนิดต่าง ๆ ของเครื่องสูบ
- ความสามารถในการใช้งาน
- ทฤษฎีในการคำนวณการไหลของคอนกรีตในเครื่องสูบ

10. Truss

- โมเดล Truss แบบต่างๆ

11. ขอบเขตของงานด้านวิศวกรรมโยธา

ผลงานของ น.ศ.

- สะพานแขวน (Suspension bridge)
- สะพานโค้ง (Arch bridge)
- Cable stayed girder bridge
- การทดสอบเสาเข็ม (Pile Testing)
- การสร้างถนน (Road construction)
- การออกแบบอุโมงค์
- การทดลองทางชลศาสตร์โดย Flow channel
- การอัดไม้ด้วยกาว (Glue Laminate)

โครงงานแสดงอุปกรณ์วิทยาศาสตร์

จุดมุ่งหมายเพื่อ 1) แสดงอุปกรณ์การศึกษาทางด้านวิทยาศาสตร์
2) แสดงผลงานทางด้านวิทยาศาสตร์ต่าง ๆ
3) เผยแพร่ความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์
4) ให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของวิทยาศาสตร์ที่มีต่องานทางด้านวิศวกรรม

บริเวณแสดง

คือ วิทยาศาสตร์

แผนการดำเนินงาน

1) เปิดห้อง Laboratory
   - Chemistry Lab. 2 ห้อง
   - Physics Lab. 3 ห้อง
   - Numerical method 1 ห้อง
2) รวบรวมผลงานทางด้านวิทยาศาสตร์ อาทิเช่น
   - Lazer
   - Radio isotope
   - และอื่น ๆ
3) แจกเอกสารเผยแพร่ความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ ตลอดจนรวบรวมสูตรต่าง ๆ ที่จำเป็นสำหรับนักเรียน
4) พิมพ์เอกสารเผยแพร่เกี่ยวกับสถาบัน
   - ประวัติ
   - สาขาที่เรียน
   - การรับนักศึกษา
   - และรายละเอียดต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับสถาบัน
5) แนะนำภาควิชาครุศาสตร์และวิทยาศาสตร์ปัจจุบันและโครงการที่จะขยายในอนาคต

โครงงานกำจัดสิ่งโสโครก (POLLUTION CONTROL)

จุดมุ่งหมาย 1) เพื่อแสดงความเจริญก้าวหน้าทางเทคโนโลยี ในด้านการกำจัดน้ำเสีย
2) เพื่อให้เห็นถึงว่าสิ่งโสโครกมีผลต่อเศรษฐกิจอย่างไร
3) เพื่อชี้ให้เห็นถึงภัยต่าง ๆ ที่เกิดจากสิ่งโสโครก

บริเวณแสดง

บริเวณส่วนหนึ่งของโรงฝึกงานโยธา 1.

แผนการดำเนินงาน

1) แสดง MODEL ของอุปกรณ์กำจัดน้ำเสีย พร้อมทั้งรายละเอียดทางด้านเทคนิค และหลักการ
2) แสดงรูปภาพและ CHART ของข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับเศรษฐกิจของการกำจัดน้ำเสีย รวมทั้งสถิติด้วย
3) แสดงรูปภาพ, CHART และสถิติต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับภัยอันเนื่องมาจากสิ่งโสโครก
4) แสดง MODEL, CHART รูปภาพและสถิติ ซึ่งได้มาจากบริษัทและหน่วยงานต่าง ๆ

โครงการพลังงาน

จุดมุ่งหมาย 1. เพื่อเป็นแนวทางให้มีการมองถึงปัญหาและความสำคัญของพลังงานอย่างจริงจังในสภาวะที่เชื้อเพลิงกำลังขาดแคลน
2. ให้มองถึงแหล่งพลังงานต่าง ๆ เพื่อที่จะจัดใช้พลังงานอย่างเหมาะสมกับเศรษฐกิจ
3. ให้มองเห็นถึงเทคนิคต่าง ๆ ที่จะนำเอาพลังงานจากแหล่งต่าง ๆ มาใช้
4. เพื่อให้เห็นถึงความก้าวหน้าถึงการสำรวจค้นพลังงาน

สถานที่แสดง บริเวณเด็กอีเลคโทรนิคส์

เรื่องที่จะแสดง

1. ถ่านหิน, ลิกไนท์
2. หินน้ำมัน
3. แก๊สธรรมชาติ
4. พลังงานน้ำมัน
5. เชลลูโลซและลิกนิน
6. พลังงานแสงอาทิตย์
7. พลังงานใต้พื้นดิน
8. พลังงานนิวเคลียร์
9. พลังงานลม
10. พลังงานน้ำ,
11. พลังงานเชื้อเพลิงสังเคราะห์

โครงงาน "อุตสาหกรรมการผลิต และก่อสร้าง"

จุดมุ่งหมาย เพื่อแสดงให้เห็นถึงความก้าวหน้าในอุตสาหกรรมการผลิตและการก่อสร้างในประเทศไทย ในรูปของ
1 เทคนิค
2 คุณภาพและมาตรฐาน
3 การลงทุน

บริเวณ ชั้นบน โรงฝึกงานอุตสาหการ 1 และส่วนหนึ่งของโรงฝึกงานโยธา 1

แผนงาน

1 อุตสาหกรรมอาหารสำเร็จรูป
- 1.1 น้ำตาล
- 1.2 ผงชูรส
- 1.3 อาหารกระป๋อง
- 1.4 น้ำมันพืช
- 1.5 น้ำปลา

2. อุตสาหกรรมโลหะ (รวมทั้งชิ้นส่วนรถยนต์)
- 2.1 เหล็ก
- 2.2 อลูมิเนียม
- 2.3 ทองแดง

3. อุตสาหกรรมกระดาษ
- 3.1 กระดาษเขียน, พิมพ์
- 3.2 กระดาษแข็ง, กระดาษเหนียว
- 3.3 กระดาษเช็ดหน้า, กระดาษชำระ
- 3.4 เยื่อกระดาษ

4. การก่อสร้างและผลิตภัณฑ์เซรามิกส์
- 4.1 การสร้างบ้านในราคาถูก
- 4.2 ยิปซัมบอร์ด
- 4.3 ไม้วีเนียร์
- 4.4 ชิบบอร์ด
- 4.5 ประกอบโครงไม้กรอบหน้าต่างสำเร็จรูป
- 4.6 อิฐทนไฟ
- 4.7 ปูนซีเมนต์
- 4.8 เครื่องสุขภัณฑ์
- 4.9 อุตสาหกรรมแก้ว

5. อุตสาหกรรมสิ่งทอ
- 5.1 บันด้ายไอเทียม, ฝ้าย
- 5.2 ผลิตเส้นด้ายไนลอน โปลีเยสเตอร์
- 5.3 ทอผ้า
- 5.4 ทอกระสอบ
- 5.5 ทำพรม
- 5.5 ผ้ายนามัย
- 5.5 ทำชิป

6. อุตสาหกรรมเคมีภัณฑ์
- 6.1 พลาสติก, เม็ดโปลีเยสเตอร์
- 6.2 ลาเท็กซ์
- 6.3 แคลเซียมคาร์ไบด์
- 6.4 ปิโตรเลียม
  - เบนซิน
  - น้ำมันเครื่อง
  - น้ำมันก๊าด
- 6.5 อุตสาหกรรมยาง
- 6.6 ผลิตภัณฑ์

7. อุตสาหกรรมไฟฟ้าและอีเล็ค โทนิคส์
- 7.1 อุปกรณ์ไฟฟ้า
- 7.2 หม้อแปลง
- 7.3 หลอดนีออนและหลอดไฟฟ้า
- 7.4 แบตเตอรี่และถ่านไฟฉาย
- 7.5 วิทยุ โทรทัศน์
- 7.6 โทรศัพท์

8. อุตสาหกรรมเครื่องจักรกล
- 8.1 เครื่องสูบน้ำ
- 8.2 ประกอบรถยนต์
- 8.3 รถจักรยานยนต์
- 8.4 รถจักรยาน
- 8.5 เครื่องยนต์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า ฯ ธนบุรี
นิทรรศการเทคโนโลยี ครั้งที่ 2

พิธีเปิดงาน วันที่ 11 ธันวาคม 2518 เวลา 10.00 น.

นิทรรศการ – เปิดแสดง 10.00 น. – 19.00 น. วันที่ 11 ธันวาคม 2518
– เปิดแสดง 9.00 น. – 19.00 น. วันที่ 12–16 ธันวาคม 2518
– เปิดแสดง 9.00 น. – 17.00 น. วันที่ 17 ธันวาคม 2518

การอภิปราย ณ. หอประชุม

วันที่ 11 ธ.ค. 18 13.30 – 15.00 น. อภิปรายเรื่อง "ปฏิรูปที่ดินเพื่อการเกษตร"

วันที่ 12 ธ.ค. 18 10.30 – 12.00 น. อภิปราย
14.00 – 16.00 น. อภิปรายเรื่อง "นโยบายน้ำมันของรัฐ"

วันที่ 13 ธ.ค. 18 10.30 – 12.00 น. "แนะแนวการศึกษาภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล, เคมีและอุตสาหการ"
14.00 – 16.00 น. อภิปรายเรื่อง "จำเป็นต้องสร้างโรงไฟฟ้าปรมาณูหรือไม่"

วันที่ 14 ธ.ค. 18 10.30 – 11.45 น. บรรยายเรื่อง "อากาศเป็นพิษเนื่องจากไอเสียรถยนต์" โดย ดร. กัฌฑ์ นาคามดี
14.00 – 16.00 น. อภิปราย

วันที่ 15 ธ.ค. 18 10.30 – 11.00 น. บรรยายเรื่อง "สภาพแวดล้อม" (น้ำเสีย) โดย ดร. ทวีศักดิ์ บัยกาญจน์ และ อาจารย์สุดใจ จำปา
14.00 – 16.00 น. อภิปราย

วันที่ 16 ธ.ค. 18 10.30 – 12.00 น. "แนะแนวการศึกษาภาควิชาวิศวกรรมโยธา และไฟฟ้า"
14.00 – 16.00 น. อภิปราย

วันที่ 17 ธ.ค. 18 10.30 – 11.30 น. บรรยายเรื่อง พระธาตุพนม โดย ดร. รชฎ กาญจนวณิชย์
14.00 – 16.00 น. อภิปราย

ภาพยนตร์ จัดฉายภาพยนตร์ทางวิชาการที่ห้อง 3205 อาคารเรียน 3 (ตึกภาษาอังกฤษ) ชั้นบน
เวลา 10.00 น – 12.00 น.
เวลา 13.00 น – 16.00 น. วันที่ 11 – 17 ธันวาคม 2518

การประกวดผลงานทางวิทยาศาสตร์

11 – 17 ธ.ค. 18 9.00 น. – 17.00 น. จัดผลงานเข้าประกวดออกแสดง ณ. หน้าหอประชุม
16 ธ.ค. 18 ตัดสินการประกวด
17 ธ.ค. 18 16.00 น. มอบรางวัลผู้ชนะการประกวด

การประกวดบทเรียงความ

2 ธ.ค. 18 ประกาศผลการตัดสิน
11 – 17 ธ.ค. 18 จัดสำนวนที่ชนะการประกวดออกแสดง ณ. หน้าหอประชุม
17 ธ.ค. 18 16.00 น. มอบรางวัลผู้ชนะการประกวด

พิธีปิดงาน วันที่ 17 ธันวาคม 2518 เวลา 17.00 น.

ขอมอบให้ห้องสมุดสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า ธนบุรี (บางมด)

จากคณะกรรมการจัดงานนิทรรศการเทคโนโลยีครั้งที่ 2

29 ธันวาคม 2518

คำนำ

ขณะนี้คำว่า "เทคโนโลยี" รู้สึกว่าจะคุ้นหูบ่อยขึ้น เพราะทุกชีวิตจะต้องเกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีทั้งนั้น วิทยาศาสตร์เจริญก้าวหน้าเรื่อย ๆ และวิทยาศาสตร์เหล่านั้นได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้กับชีวิตประจำวันของมวลมนุษย์ เทคโนโลยีก็ยิ่งมีบทบาทมากขึ้น ดังนั้นความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีด้านต่าง ๆ ได้เจริญเพิ่มมากยิ่งขึ้นอย่างรวดเร็ว ทางสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (บางมด) ซึ่งเป็นสถาบันที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาด้านเทคโนโลยี สถาบันหนึ่งในประเทศไทย จึงได้จัดให้มีนิทรรศการเทคโนโลยีครั้งที่ 2 ขึ้น ซึ่งเป็นการจัดต่อจากครั้งที่ 1 เมื่อวันที่ 29 ม.ค. ถึง 4 ก.พ. 2515

ในการดำเนินการจัดนิทรรศการครั้งนี้ได้วางแนวทางการจัดไว้กว้างมาก เพื่อนำเอาเทคโนโลยีใหม่ ๆ มาเผยแพร่ให้กว้างขวางที่สุดเท่าที่ทำได้ จึงได้จัดแบ่งส่วนของโครงงานออกเป็น 3 ส่วนดังนี้

1. ส่วนที่รวบรวมเอาเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับเศรษฐกิจของโลก และประเทศไทยปัจจุบันออกแสดง เพื่อเป็นแนวทางที่จะช่วยกันพัฒนาและหาทางแก้ไขปัญหาในส่วนนี้ให้ดีขึ้น โดยได้แบ่งออกเป็น 3 เรื่องใหญ่ ๆ ด้วยกัน คือพลังงาน อุตสาหกรรมการผลิตและก่อสร้าง และเรื่องการคุมสภาพแวดล้อม

2. ส่วนที่เป็นผลงานของนักศึกษา ได้รวบรวมเอาผลงานของนักศึกษาในแต่ละภาควิชา ซึ่งผลงานเหล่านี้สามารถใช้ปฏิบัติการได้ผลอย่างมีประสิทธิภาพ

3. ส่วนที่เชิญเข้าร่วมแสดง ในส่วนนี้ได้เชิญสถานทูตประเทศต่าง ๆ, บริษัทและหน่วยงานต่างๆเพื่อนำเอาเทคโนโลยีใหม่ ๆ เข้าร่วมแสดง ซึ่งอาจเป็นอุปกรณ์ เครื่องมือ หรือตัวอย่างสินค้า ตลอดจนวิทยาการต่าง ๆ จัดให้มีการอภิปราย, ภาพยนตร์ทางวิชาการ ตลอดจนจัดให้มีการประกวดผลงานทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนและการประกวดบทเรียงความนักเรียน เพื่อดูความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ของนักเรียนด้วย

ปัญหาและอุปสรรคต่าง ๆ ในการดำเนินงานมีมาก ซึ่งอาจเนื่องมาจากปีนี้เป็นปีที่ภาวะเศรษฐกิจทั่วโลกตกต่ำ มีภาวะทางการเมืองไม่สงบเรียบร้อย จึงทำให้ขาดความร่วมมือในบางส่วนไปบ้าง อย่างไรก็ตาม ด้วยความมุ่งมั่นของคณะกรรมการ จึงได้พยายามทุกวิถีทาง เพื่อให้นิทรรศการครั้งนี้ออกมาสมบูรณ์ที่สุด และเป็นไปตามจุดมุ่งหมายทุกประการ

(นายสุข ชัยศิริถาวรกุล)
ประธานดำเนินงาน ฯ

คณะกรรมการจัดงานนิทรรศการเทคโนโลยีครั้งที่ 2

กรรมการที่ปรึกษา

ประธานกรรมการ	อาจารย์ ดร. หริส	สูตะบุตร
รองประธานกรรมการ	อาจารย์ดร. ปรีดา	วิบูลย์สวัสดิ์
กรรมการ		

อาจารย์	ดร. กฤษณพงศ์	กีรติกร	อาจารย์	เกษม	เพชรเกต
,,	ดร. ไพรัช	ธัชยพงศ์	,,	โสภณ	สุวรรณนาดินทร์
,,	ดร. นระ	คมนามูล	,,	จำนงค์	จันทกาญจน์
,,	ดร. วุฒิ	พันธุมนาวิน	,,	ยอดพล	ธนาบริบูรณ์
,.	ดร. ธวัชชัย	เฮงรัศมี	,,	อุดมศักดิ์	อิศรางกูร ณ อยุธยา
,,	ดร. ไกรวุฒิ	เกียรติโกมล	,,	สุรพงษ์	วาตะบุตร
,,	สันติ	พัสดร	,,	นรินทร์	วีรดิษฐกิจ
,,	พรเพ็ญ	ใยเจริญ	,,	ไพศาล	สัตยธรรม
,,	พลรัตน์	ลักษณียนาวิน	,,	สุพัฒน์พงศ์	ดำรงรัตน์
,,	กาญจนา	รัชตสุวรรณ	,,	วันชัย	ศิลยานันท์
,,	ผจญ	ขันธะชวนะ	,,	สุธี	ภัทราดร
,,	กู้ศักดิ์	นฤบัยะกุล	,,	ชาตรี	หอมวงศ์
,,	กำธร	เชิดจิระพงษ์	,,	มนตรี	สุวรรณภิงคาร
,,	เกษม	โสตถิวัฒน์	,,	บังเทิง	สุวรรณตระกูล
,,	ธีรเดช	ตังประพฤทธิ์กุล	,,	สุธน	ตรีไตรรัตน์
,,	เพราพรรณ	ประพิตรภา			
,,	เอมอร	ศรีนิลทา	,,	อัศวิน	อินกำธรวงศ์
,,	เนาวรัตน์	ชั้นแสงทอง	,,	สุชัย	ศศิวิมลพันธ์
,,	อุบล	จันทกมล	,,	สุขสันต์	สุทธิศรี
,,	อุทัย	เผ่าภู่	,,	ประวัติ	กิจดำรงค์สันต์
,,	อุทัย	แก้วช่วง	,,	ไพโรจน์	ตีรณธนากุล
,,	เกษม	เลิศรัตน์	,,	สุวลี	รามสูต
,,	พยูร	เกตุกราย	,,	เฉลิมพล	น้ำค้าง

กรรมการดำเนินงาน

ประธานดำเนินงาน	นายสุข	ชัยศิริถาวรกุล
รองประธานดำเนินงาน	นายวิรัตน์	ลิ้มสุวัฒน์
เลขานุการ	นายมนตรี	เด่นไพโรจน์ศักดิ์
ผู้ช่วยเลขานุการ	นายสุรพงศ์	แสงโสภณ
เหรัญญิก	นายสมชาย	มุนีพีระกุล
ผู้ช่วยเหรัญญิก	นายสุรเชษฐ	จงเกษม
สวัสดิการ	นายเลิศสิน	บัญจทรัพย์สิน
ประชาสัมพันธ์	นายบุญมาก	ศิริเนาวกุล
	ผู้ช่วย ป.ช.ส. แผนกภาพโทรทัศน์	
		นายปราโมทย์ สุขสุด
	ผู้ช่วย ป.ช.ส. แผนกศิลป	
		นายวิทยา ขะมันจา
ปฏิคม	นายนเรศ	หอมศิริกมล
ฝ่ายหาทุน	นายประเสริฐ	สินธนาวิวงศ์
	นายชัยพฤกษ์	ศานติพันธ์
	นายณัฐชัย	อร่ามรัศมีวาณิชย์
	นายชนะ	จันทร์พาณิชระวี
ฝ่ายรักษาการณ์	นายปราโมทย์	รัตนครอง
ฝ่ายสถานที่	นายวิรัช	ก้องมณีรัตน์
ฝ่ายโครงงานพลังงาน	นายสมศักดิ์	จุฑานันท์
ฝ่ายโครงงาน "การกำจัดสิ่งโสโครก"	นายทศพร	พิสิฐกุล
ฝ่ายอุตสาหกรรมการผลิต และก่อสร้าง	นายชูศักดิ์	กาญจนมัย
ฝ่ายโรงงานภายใน		
นายเมธา รัตนนุสสรณ์	ภาควิชาวิศวกรรม	เคมี
นายอาทิตย์ ศรีอุทัย	,, ,,	เครื่องกล
นายนพพนธ์ สรรเสริญ	,, ,,	ไฟฟ้า
นายธวัช เสริมคชสีห์	,, ,,	โยธา
นายประวิทย์ โรจน์ขจรนาภาลัย	,, ,,	อุตสาหกรรม
นายมนต์ชัย สุปรียสกนธ์	,, ,,	ฝ่ายวิทยาศาสตร์
นายอวยชัย สกุลรัตนศักดิ์	,, ,,	ฝ่ายห้องสมุด
ฝ่ายต่างประเทศ	นายธัญ	สิงหปรีชา
ฝ่ายภาพยนตร์และอภิปราย	นายอานนท์	อังควิทยาธร
ฝ่ายโครงงานประกวดบทเรียงความนักเรียน	นายประทีป	พวงลัดดา
ฝ่ายโครงงานประกวดผลงานนักเรียน	นายสมนึก	ตั้งศิริ
ฝ่ายแสงเสียง	ประธานชุมนุมแสงเสียง	
ฝ่ายถ่ายภาพ	ประธานชุมนุมถ่ายภาพ	

อากาศและความสุขสบายของมนุษย์

โดย ดร. ไพบูลย์ หังสพฤกษ์

อากาศที่ร้อนหรือหนาวเกินไป ทำให้คนรู้สึกไม่สบาย และอาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพของคนได้ ในอากาศหนาวมาก ๆ หัวใจของคนจะต้องทำงานหนักขึ้นเพื่อที่จะหมุนเวียนโลหิตให้เพียงพอที่จะรักษาอุณหภูมิของร่างกายให้คงที่ที่ ๙๘.๖ °ฟ อากาศหนาวทำให้ท่อทางหายใจเย็นและระคายเคือง เป็นสาเหตุให้คนเป็นหวัด คออักเสบ ไอ และปอดชื้นได้ ส่วนในอากาศร้อนนั้นร่างกายของคนจะต้องขับความร้อนออกไปมากขึ้นเพื่อป้องกันมิให้อุณหภูมิของร่างกายขึ้นสูงกว่าปกติ ทั้งนี้โดยการปรับปริมาณโลหิตที่ไหลวนส่วนในของร่างกายให้ออกมาไหลวนบริเวณผิวหนังมากขึ้น ทำให้มีการระบายความร้อนออกทางผิวหนังเพิ่มขึ้น เมื่อโลหิตมาไหลวนบริเวณผิวหนังมาก โลหิตที่เหลือไปหล่อเลี้ยงส่วนอื่นภายในของร่างกายก็จะน้อยลง ทำให้คนรู้สึกไม่สบาย ปวดหัว อ่อนเพลีย และอาหารไม่ย่อย ถ้าอากาศร้อนมากจนตัวคนไม่สามารถถ่ายความร้อนออกไปได้ทัน อุณหภูมิภายในร่างกายก็จะสูงขึ้น คนก็จะเป็นไข้

โดยปกติ คนจะถ่ายความร้อนออกมาตลอดเวลา ปริมาณความร้อนที่ถ่ายออกมาจะมากหรือน้อยนั้นขึ้นอยู่กับอากัปกริยาของคน คนทำงานเบา ๆ ถ่ายความร้อนออกมาประมาณ 150 วัตต์ ส่วนคนทำงานหนักอาจถ่ายความร้อนออกมากถึง 450 วัตต์ ถ้าคนทำงานหนักในอากาศร้อนร่างกายของคนก็จะต้องพยายามถ่ายความร้อนออกมามากเป็นพิเศษ ทำให้ร่างกายของคนอ่อนเพลียอย่างรวดเร็ว และมีอาการหงุดหงิด

การปรับอากาศให้มีอุณหภูมิและความชื้นพอเหมาะไม่ให้สูง หรือต่ำเกินไป จะช่วยให้ร่างกายของ คนปรับให้ ความร้อนที่ ร่างกายรับให้ เท่ากับความ ร้อนที่ร่างกาย ถ่ายออกไปได้อย่างราบรื่นปราศจากความเครียด ช่วยให้คนทำงานได้ดีขึ้น ทำงานได้มากและเหนื่อยช้า

ความต้องการอากาศบริสุทธิ์

เนื่องจากร่างกายคนหายใจเอาอากาศเข้าไป เพื่อใช้ออกซิเจนในการสันดาปคาร์โบไฮเดรดและไขมัน ฉะนั้นคนที่อยู่ในห้องจำเป็นจะต้องเอาอากาศบริสุทธิ์จากภายนอกห้องเข้ามาแทนที่อากาศที่ใช้แล้ว โดยเฉพาะภายในโรงภาพยนตร์ และหอประชุมที่มีคนอยู่แออัดเป็นจำนวนมาก จำเป็นที่จะต้องให้มีการถ่ายเทอากาศมากเป็นพิเศษ ทั้งนี้นอกจากจะทำให้มีออกซิเจนพอเพียงแล้ว ยังช่วยกำจัดกลิ่นและป้องกันการติดต่อโรคด้วย

ตารางที่ 1 ปริมาณอากาศบริสุทธิ์ภายนอกที่ควรนำเข้ามาในห้อง

ชนิดของอาคาร	การสูบบุหรี่	ปริมาตรอากาศ ลูกบาศก์ฟุต/นาที/คน	
		เหมาะสมที่สุด	น้อยที่สุด
ธนาคาร	บ้าง	10	7½
สำนักงาน	บ้าง	15	10
บ้านพักอาศัย	บ้าง	20	10
ร้านขายของ	น้อยมาก	10	7½
ภัตตาคาร	ค่อนข้างมาก	15	12
บาร์	มาก	40	25
โรงภาพยนตร์	บ้าง	15	10

อุณหภูมิที่สบาย (Effective Temperature)

คนแต่ละคนมีความรู้สึกต่อภาวะบรรยากาศเดียวกันต่างๆกัน บางคนรู้สึกว่าสบาย บางคนรู้สึกว่าหนาว ในขณะที่คนอื่น ๆ รู้สึกว่าร้อน บางคนอาจจะชอบอากาศชื้นเช่นอากาศชายทะเล แต่บางคนจะชอบอากาศแห้งเช่นอากาศแถบทะเลทราย อากาศที่แห้งในฤดูร้อนจะช่วยให้ร่างกายถ่ายความร้อนโดยการระเหยของเหงื่อได้รวดเร็วขึ้น ทำให้คนรู้สึกสบายขึ้นในขณะที่อากาศแห้งในฤดูหนาวจะทำให้คนรู้สึกไม่สบายเพราะการระเหยจะทำให้อุณหภูมิที่ผิวกายลดต่ำลงมาก อุณหภูมิจึงมิได้เป็นเครื่องกำหนดเพียงอย่างเดียวว่าคนจะรู้สึกร้อนหรือหนาว ความชื้นและการหมุนเวียนของอากาศรอบตัวคนก็เป็นอีกปัจจัยที่สำคัญด้วย

สมาคมวิศวกรการทำความร้อนการทำความเย็นและการปรับอากาศของสหรัฐอเมริกา (American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers) ได้ทำการวิจัยเป็นเวลาหลายปี โดยใช้คนจำนวนมาก ในสถานที่ต่าง ๆ กัน เพื่อทราบความรู้สึกของคนเหล่านั้นต่อภาวะอุณหภูมิ ความชื้น และการหมุนเวียนของอากาศต่าง ๆ ผลของการวิจัยนี้ได้นำมากำหนดเป็นอุณหภูมิที่สบาย

อุณหภูมิที่สบาย เป็นการวัดความสบายของคนอันเนื่องจากภาวะอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และการหมุนเวียนของอากาศ

ผลของการวิจัยดังกล่าวพบว่าสำหรับความเร็วของอากาศที่กำหนดนั้น มีภาวะอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์อยู่หลายคู่ที่ให้ความรู้สึกสบายเหมือนกันต่อผู้ที่ทำการทดสอบกว่า

90 เปอร์เซ็นต์ ภาวะคู่ต่าง ๆ เหล่านี้ถือว่ามีค่าอุณหภูมิที่สบายอันเดียวกัน เมื่อภาวะเหล่านี้ได้ถูกนำมากำหนดลงในชาร์ทภาวะอากาศ (Psychrometric Chart) เราเรียกชาร์ทนี้ว่า ชาร์ทความสบาย (Comfort Chart)

เป็นที่น่าสังเกตว่าในต่างฤดูกันความรู้สึกของคนต่อภาวะเดียวกันต่างกัน คนที่ถูกทดสอบมีความรู้สึกสบายในภาวะเดียวกัน ในฤดูร้อนในอัตราที่ต่างกับในฤดูหนาว **ตัวอย่างเช่น** 98 เปอร์เซ็นต์ ของผู้ที่ถูกทดสอบเห็นพ้องกันว่าในฤดูร้อน ภาวะที่ 76°ฟ กระเปาะแห้ง และ 50 เปอร์เซ็นต์ ความชื้นสัมพัทธ์ เป็นภาวะที่สบายที่สุด แต่ในฤดูหนาวนั้นเพียง 50 เปอร์เซ็นต์ ของผู้ถูกทดสอบเห็นว่าสบาย

ในการทดสอบเพื่อกำหนดอุณหภูมิที่สบายนี้ ได้ตั้งสมมติฐานไว้ คือ

ก. คนนุ่งห่มสำหรับอาศัยภายในอาคารตามปกติ

ข. คนทำงานเบา ๆ อาทิ อ่านหนังสือ ทำงานในสำนักงาน และเดินไปมาในห้องเป็นครั้งคราว

ค. ความเร็วลม 15–25 ฟุต/นาที

ง. ไม่คิดผลของการแผ่รังสี

ในการทดสอบนี้มิได้รวมถึงปฏิกริยาของคนต่อฝุ่นละออง กลิ่นต่าง ๆ ในอากาศด้วย

การปรับอากาศเพื่อความสุขสบายของคนในเมืองร้อน

การปรับอากาศสำหรับคนในเมืองร้อนนี้พอสรุปได้ว่า

ก. ภาวะของอากาศในห้องควรเป็น 76°ฟ กระเปาะแห้ง 50 เปอร์เซ็นต์ ความชื้นสัมพัทธ์

ข. มีการถ่ายเทเอาอากาศสะอาดบริสุทธิ์ จากภายนอกห้องเข้ามาในห้องตามเกณฑ์ที่กำหนดในตารางที่ 1

ค. มีการกรองอากาศให้ปราศจากฝุ่นละออง และกลิ่น

การคำนวณขนาดของเครื่องปรับอากาศ

การคำนวณหาขนาดของเครื่องปรับอากาศที่จะใช้ในงานแต่ละงานนั้น จำเป็นจะต้องคำนวณให้พอเหมาะ ไม่ให้เล็กเกินไป หรือใหญ่เกินไป เพราะถ้าเล็กไปก็จะไม่สามารถทำให้ได้ภาวะอุณหภูมิ และความชื้นที่ต้องการ แต่ถ้าใหญ่เกินไป นอกจากจะเปลืองเงินค่า

เครื่อง ค่าไฟฟ้าแล้วยังทำให้เครื่องต้องวิ่ง ๆ หยุด ๆ หรือวิ่งที่ต่ำกว่าความสามารถของเครื่องมากเป็นต้น

การคำนวณนั้น จะต้องรวมค่าความร้อนที่เข้ามาในห้องทุก ๆ ทางดังนี้

ก. ความร้อนที่ผ่านเข้าไป ทางผนัง ฝ้าเพดาน และพื้นห้องเนื่องจากการนำการพา และการแผ่รังสี

ข. ความร้อนที่เข้าไปกับอากาศจากภายนอกห้อง

ค. ความร้อนที่ออกจากตัวคนที่อยู่ในห้อง

ง. ความร้อนจากแสงสว่าง

จ. ความร้อนจากอุปกรณ์ที่ใช้ภายในห้อง อาทิ มอเตอร์ เตารีด ตู้เย็น วิทยุ โทรทัศน์ ฯ

ฉ. ความร้อนจากของที่นำเข้าไปในห้อง

ความร้อนจากแหล่งต่าง ๆจะมีมากน้อยต่างกันเฉพาะงาน สำหรับในโรงภาพยนตร์นั้นความร้อนส่วนใหญ่มาจากอากาศภายนอกที่เอาเข้ามา และความร้อนจากตัวคน ความร้อนจากแหล่งอื่นมีประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์เท่านั้น แต่สำหรับในบ้านพักอาศัยแล้ว ความร้อนส่วนใหญ่จะเป็นความร้อนที่ผ่านผนัง กระจก ฝ้าเพดาน พื้น

ตารางที่ 2 ขนาดเฉลี่ยปานกลางของเครื่องปรับอากาศที่ใช้ในงานต่าง ๆ

ชนิดของอาคาร	ขนาดของเครื่องปรับอากาศ
ธนาคาร	20 ตร. เมตร ต่อ ตัน
สำนักงาน	20 ตร. เมตร ต่อ ตัน
บ้านพักอาศัย	20 ตร. เมตร ต่อ ตัน
ร้านขายของ	20 ตร. เมตร ต่อ ตัน
ภัตตาคาร	10 ตร. เมตร ต่อ ตัน
บาร์	10 ตร. เมตร ต่อ ตัน
โรงภาพยนตร์	8 คน ต่อ ตัน
สถานโบว์ลิ่ง	3 ตัน ต่อ เลน

เทศบัญญัติควบคุมการติดตั้งเครื่องปรับอากาศ

ในประเทศ สหรัฐอเมริกา คานาดา ฯ เขามีเทศบัญญัติควบคุมการติดตั้งเครื่องปรับอากาศในอาคารสาธารณะ และอาคารใหญ่ๆ ทั้งนี้เพื่อคุ้มครองสุขภาพและความปลอดภัยของผู้ใช้อาคารเหล่านั้น เทศบัญญัติจะกำหนดเกณฑ์ต่ำสุดที่จะต้องนำเอาอากาศบริสุทธิ์จากภายนอกเข้าไปในห้องเพื่อให้คนมีออกซิเจนพอเพียง และลดโอกาสการติดโรคกัน กำหนดชนิดของสารทำความเย็นที่ใช้ การเดินท่อสารทำความเย็น เพื่อมิให้สารทำความเย็นที่อาจจะรั่วทำอันตรายกับคนได้ การเดินท่อลม เพื่อให้เกิดความปลอดภัยเมื่อมีไฟไหม้ เป็นต้น

ในประเทศไทยเรา ในขณะนี้ก็ได้มีการใช้เครื่องปรับอากาศกันอย่างแพร่หลายแล้ว โดยเฉพาะในโรงภาพยนตร์ หอประชุม โรงแรม และอาคารสำนักงานใหญ่ๆ จึงควรที่จะได้มีเทศบัญญัติควบคุมการติดตั้งเครื่องปรับอากาศเช่นกัน

เอกสารอ้างอิง

1. ASHRAE Guide and Data Book
2. Modern Air Conditioning Practice by Norman C. Harris and David F. Conde
3. Refrigeration and Air Conditioning by Richard C. Jordan and Gayle B. Priester

DIGITAL SPEEDOMETER

สวัสดิ์ นันทวิชาวุธสาร
พงษ์เทพ ทิพย์ทินกร
วีระศักดิ์ เอมเดช
นักศึกษาภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

INTRODUCTION

ในเครื่องจักรกลประเภทหมุน มักมีคุณสมบัติของเครื่องจักรกลที่เราต้องการทราบอย่างหนึ่ง คือ ความเร็วรอบของการหมุนว่าหมุนได้กี่รอบต่อนาที เพราะอัตราความเร็วรอบของการหมุนของเครื่องจักรมีผลต่อความเหมาะสมต่อการนำไปใช้งาน เช่นความเร็วของรถยนต์ย่อมขึ้นอยู่กับอัตราความเร็วในการหมุนของเครื่องยนต์

เครื่องมือที่ใช้วัดอัตราความเร็วในการหมุนเรียกว่า speedometer มีอยู่ด้วยกันหลายแบบ เช่นแบบที่มีแกนต่อกับเพลาของเครื่องจักรกล โดยแกนนี้ไปต่อกับ generator ตัวเล็กๆ ภายในเครื่องวัดความเร็วรอบ แล้ววัด generated voltage มาอ่านเป็นความเร็วรอบบนหน้าปัทม์ที่เป็น analog แบบนี้มีข้อเสียคือ การเอาแกนของเครื่องวัดไปต่อกับเพลาของเครื่องจักรกลก็จะเป็นการนำ generator ของเครื่องวัดไปเป็น load ของเครื่องจักรกลนั้นไป ถ้าเป็นเครื่องที่มีกำลังน้อยก็จะทำให้การวัดความเร็วรอบคลาดเคลื่อนไปจากความเป็นจริง

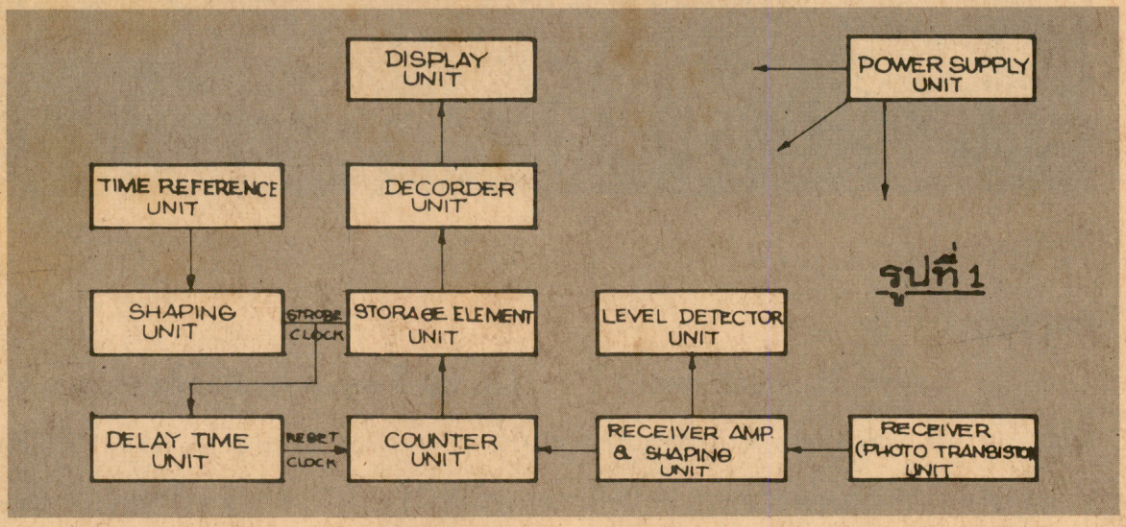
ส่วนอีกแบบหนึ่งเรียกว่า stroboflash โดยใช้หลักของการสร้างแสงไฟที่มีความถี่สูงจากหลอด Xenon gas ซึ่งการวัดก็ทำได้โดย ปรับความเร็วของการกระพริบของแสงให้มีความถี่เท่ากับความเร็วรอบของเครื่องจักร แล้วปรับ scale ออกมาเป็นความเร็วของการหมุนของเครื่องจักรนั้น ข้อเสียของวิธีการนี้คือต้องเสียเวลาในการปรับจนอัตราการส่องสว่างต่อนาที เท่ากับความเร็วรอบของเครื่องจักรกลนั้น

จึงเห็นได้ว่าเครื่องวัดความเร็วรอบที่กล่าวมาข้างต้นมีประสิทธิภาพไม่ดีเท่าที่ควร ฉะนั้นจึงควรศึกษาเครื่องวัดรอบที่อ่านออกมาเป็นตัวเลขโดยตรง ในการสร้าง speedometer นี้ใช้วิธี detect pulse ของแสงที่สะท้อนมาจาก Aluminium foil ที่ติดอยู่บนเพลาหรือใบพัดของเครื่องจักรนั้น โดยใช้ photo transistor เป็น transducer

การวัดความเร็วด้วยระบบนี้ มีความสะดวกมาก และความเที่ยงตรงขึ้นอยู่กับ time reference ว่ามีความเที่ยงตรงมากเท่าใด

CONSTRUCTION

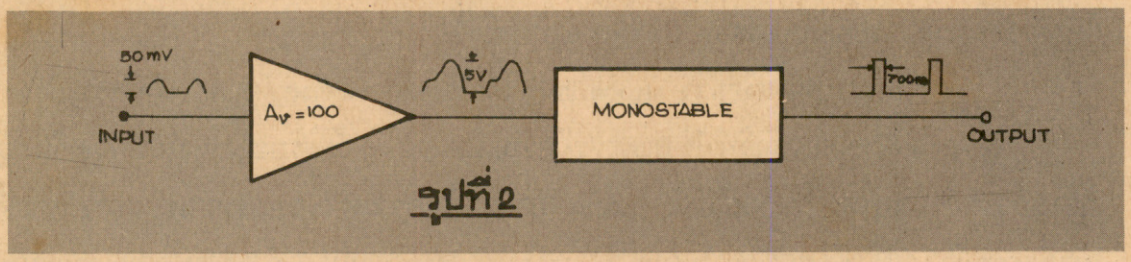
หลักการนับของ speedometer project มีดังนี้



รูปที่ 1

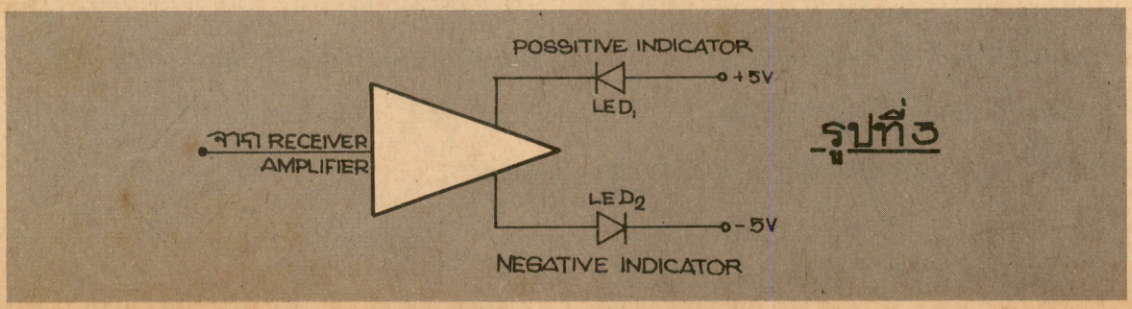
ภาค receiver ประกอบด้วย photo transistor และ resistor load จะทำหน้าที่เปลี่ยน pulse ของแสงจาก Aluminium foil ให้เป็น voltage pulse มี magnitude ≈ 50 mv แล้วส่งไปยังภาค receiver amplifier

ภาค receiver amplifier & shaping ทำหน้าที่ขยาย pulse จากภาค receiver ด้วย voltage gain = 100 จะได้ output signal = 5V แล้วนำผ่าน monostable เพื่อเปลี่ยนรูปร่างสัญญาณให้เป็น rectangular pulse ที่มี pulse width = 700 ns แล้วส่งไปยังภาค counter ต่อไป



รูปที่ 2

จุดต่อระหว่าง receiver amplifier กับ monostable จะต่อไปยังภาค level detector ซึ่งประกอบด้วย d.c. amplifier และ LED ทำหน้าที่เป็น indicator



รูปที่ 3

LED_1 จะติดเมื่อจุดที่ detect มี potential เป็นบวก

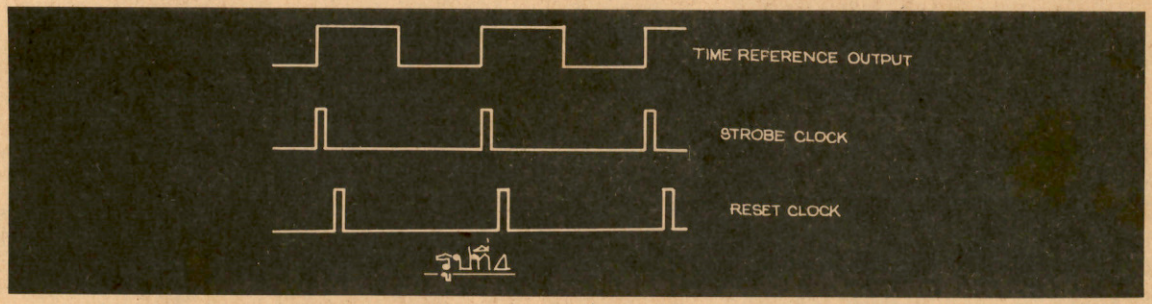
LED_2 จะติดเมื่อจุดที่ detect มี potential เป็นลบ

ก่อนจะใช้งาน จะต้องปรับให้ LED ทั้งสองดับเสียก่อน เพื่อแน่ใจว่า input signal มี d.c. level อยู่ที่ 0 V.

ภาค counter ทำหน้าที่นับ pulses จากภาค receiver amplifier และ shaping ในรูปของ binary code decimal และ information จะถูกส่งเข้า storage element (DM 7475) ในรูปของ binary เมื่อมี strobe clock และ DM 7448 จะ decode information เหล่านั้นเป็นเลขฐาน 10 และ 7–segment display จะแสดงค่าตามจำนวนที่นับได้

หลังจากเกิด strobe clock 1400 ns. ก็จะมี reset clock ไป reset counter ให้เป็น 0 เพื่อทำการเริ่มต้นนับใหม่

ภาค time reference จะสร้าง square wave ที่มี period 1 นาที, $\frac{1}{10}$ นาที และ $\frac{1}{100}$ นาที เพื่อใช้ในการ sampling โดยผ่านภาค shaping เพื่อทำให้เกิด strobe clock และ reset clock ฉะนั้นภาคนี้จะต้องสร้าง square wave ที่มี stability สูง เพื่อจะได้ระยะเวลาที่ sampling ที่เที่ยงตรง



รูปที่ 4

รูปที่ 4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง waveform ของ square wave ที่เกิดจาก time reference กับ strobe clock และ reset clock

DESIGN

ภาค receiver

ภาค receiver ใช้ photo transistor เป็นตัวรับสัญญาณแสงและเปลี่ยนสัญญาณไฟฟ้า มีวงจรดังรูปที่ 5

แต่วงจรในรูปที่ 5 ใช้งานได้ไม่ดี จึงปรับปรุงมาเป็นวงจรในรูปที่ 6 เพื่อสามารถปรับ potential ที่ output ให้มี d.c. level = 0 โดยการปรับ R_2

R_4 เป็น load ของ Q_1 ซึ่งมีผลต่อ output มาก ถ้า R_4 มีค่ามาก output voltage จะมีค่าสูง แต่จะมี rise time และ fall time มาก ทำให้ไม่สามารถวัดความเร็วรอบสูง ๆ ได้ แต่ถ้า

R_4 มีค่าน้อย rise time และ fall time จะมีค่าต่ำ แต่ output voltage ก็มีค่าต่ำจนไม่สามารถ detect ได้

จากการทดลอง R_4 มีค่าประมาณ 1K เหมาะสมที่สุด คือให้ output voltage ≈ 50 mV. และสามารถวัดความเร็วรอบได้ถึง 1,000,000 RPM.

R_2 เป็น potentiometer เพื่อปรับ d.c. level ของ output R_2 มีค่าประมาณ 25% ของ R_4 $\therefore$ $R_2 = 250\ \Omega$

R_1,R_3 มีค่าน้อยกว่า R_2 ใช้เป็นตัว limit R_2 ให้เหมาะสม และป้องกันการเกิด over current ใน R_2

ในที่นี้ใช้ $R_1 = 100\Omega$, $R_3 = 50\Omega$

ภาค receiver amplifier และ shaping และภาค level detector

ภาค receiver amplifier และ shaping ใช้ OP–AMP เป็น d.c. amplifier ขยายสัญญาณจากภาค receiver แล้วส่งไปให้ monostable ซึ่งทำหน้าที่เป็น wave shaper ให้เป็น digital pulse เพื่อส่งไปนับในภาค counter

ภาค level detector ใช้ OP–AMP เป็น d.c. amplifier ส่วน transistor และ LED เป็น level indicator ซึ่งเขียนวงจรของภาค receiver amplifier และ shaping กับภาค level detector ได้ดังในรูปที่ 7

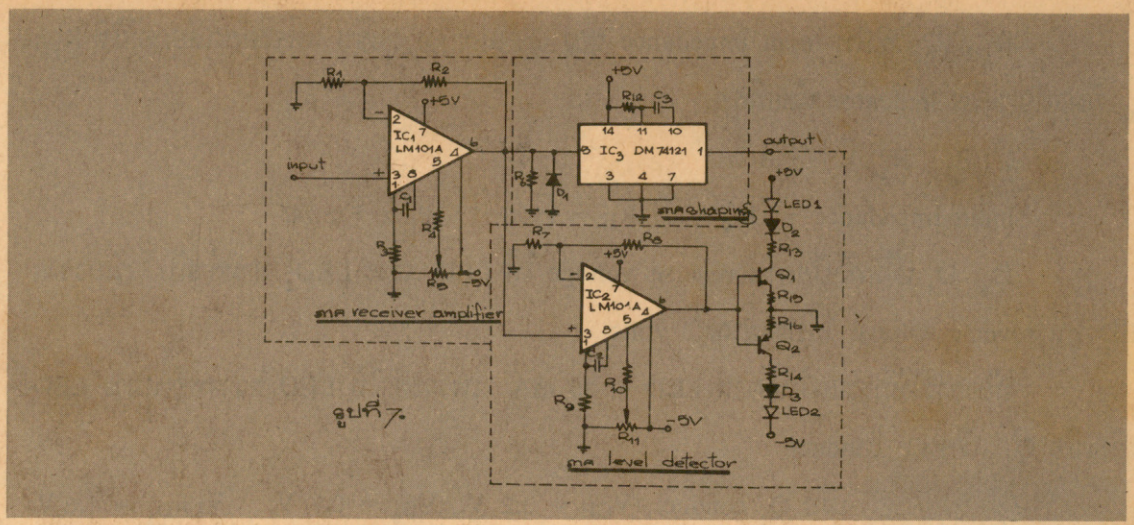
IC_1 และ IC_2 ทำหน้าที่เป็น amplifier โดยเลือกใช้ OP–AMP ที่มีคุณสมบัติดังนี้

1. ใช้ supply ร่วมกับ IC ใน 74–series ได้คือ ± 5 V.
2. มี band width กว้างโดยเฉพาะ IC_1
3. มี low input offset voltage drift โดยเฉพาะ IC_1 จะต้องมีน้อยเป็นพิเศษ

ในที่นี้ใช้ LM 101 A เป็น IC_1 ซึ่งมี input offset voltage drift = $15\mu V/^{\circ}C_{(max)}$

LM 301 A เป็น IC_2 ซึ่งมี input offset voltage drift = $30\mu V/^{\circ}C_{(max)}$

C_1,C_2 เป็น compensation capacitor ซึ่งบริษัทผู้ผลิตแนะนำให้ใช้ค่า 30 pf.



รูปที่ 7.

R_3, R_4, R_5 และ R_9, R_{10}, R_{11} เป็นวงจร offset output voltage ซึ่งบริษัทผู้ผลิตแนะนำให้ใช้ค่าดังนี้

R_3, R_9 = 10M, R_4, R_{10} = 5.1 M.

R_5, R_{11} เป็น potentiometer = 50K

R_1, R_2 ขึ้นอยู่กับ voltage gain ของ IC_1 ที่ต้องการ

โดย A_V ของ $IC_1 = \frac{R_2}{R_1} + 1$

R_7, R_8 ขึ้นอยู่กับ voltage gain ของ IC_2 ที่ต้องการ

A_V ของ $IC_2 = \frac{R_8}{R_7} + 1$

ในภาค receiver amplifier มี input voltage $\simeq$ 50 mV. แต่ต้องการ output voltage เพื่อไป shaping ประมาณ 1.4 ถึง 5 volts.

$\therefore$ IC_1 มี voltage gain $A_V = \frac{5}{50 \times 10^{-3}} = 100$

ใช้ R_1 = 1K $\rightarrow$ $R_2 = (A_V - 1) R_1$ = 99K (ใช้ค่า 100K)

R_6 เป็น bleeder load มีค่าตั้งแต่ 10K ถึง 100K ในที่นี้ใช้ 15K

ในภาค level detector amplifier ต้องการ A_V = 10

ใช้ R_7 = 1K $\rightarrow$ $R_8 = (A_V - 1) R_7$ = 9K (ใช้ค่า 10K)

Q_1 ใช้ 2N2222A, Q_2 ใช้ 2N2907 ซึ่งทำหน้าที่เป็น switching transistor (มี $h_{(femin)}$ = 100)

เมื่อ $V_B > 0.7V$ Q_1 จะ saturate, Q_2 จะ cut off

$V_B < -0.7V$ Q_1 จะ cutoff, Q_2 จะ saturate

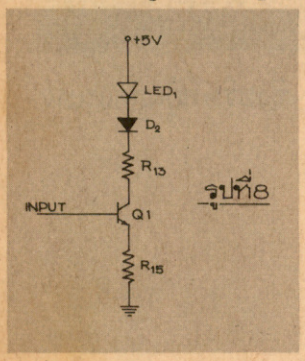
R_{15}, R_{16} ทำให้ input impedance ของ Q_1 และ Q_2 สูงขึ้น แต่จะต้องเลือกค่าให้ R_{15}, R_{16} มีผลต่อ level indicator น้อยที่สุด

ถ้า R_{15}, R_{16} มีค่า 0.3 Ω

input impedance = $(h_{fe} + 1)\, R_E = (100-1)\,(0.3) \approx 30\ \Omega$

D_2, D_3 เป็นตัวป้องกัน reverse voltage ให้ LED_1 และ LED_2 ตามลำดับ เนื่องจาก LED ทน reverse voltage ได้ประมาณ 3 volts

ต้องการให้กระแสไหลผ่าน LED ≈ 10 mA เพราะทำให้ LED สว่างพอเหมาะ LED จะติดเมื่อ Q_1 หรือ Q_2 conduct



รูปที่ 8

เมื่อ Q_1 conduct, $V_{CE} = 0.2$ V., $V_{D_2} = 0.7$ V, $V_{LED_1} = 1.3$ V.

$$V_{R_{13}} \approx 5 - V_{LED_1} - V_{D_2} - V_{CE\,(sat)}$$

$$= 5 - 1.3 - 0.7 - 0.2 = 2.8 \text{ volts}$$

$$I_{R_{13}} = 10 \text{ mA.}$$

$$\therefore R_{13} = R_{14} = \frac{2.8}{10 \times 10^{-3}} = 280\ \Omega$$

เลือกใช้ $R_{13} = R_{14} = 220\ \Omega$ เพื่อจะให้ LED สว่างขึ้นเล็กน้อย

ฉะนั้น D_2 และ D_3 ต้องมีคุณสมบัติดังนี้คือ

1. มี reverse voltage มากกว่า 2 เท่าของ supply คือมากกว่า 10 volts.
2. มี forward current มากกว่า 15 mA.

$\therefore$ ใช้ IN 3600 เป็น D_2 และ D_3

ในภาค shaping ใช้ monostable DM 74121 ซึ่งจะต้องได้ output ออกมามี pulse width ขนาดเล็กเมื่อเทียบกับความเร็วรอบที่จะวัด แต่ต้องกว้างพอที่จะให้ counter นับได้

speedometer สามารถวัดได้ถึง 999,800 RPM

ฉะนั้น pulse จะมี period น้อยที่สุดเท่ากับ $\approx \frac{1}{10^6} \times 60$ sec $= 60\ \mu$s.

และ DM 7490 สามารถ count frequency ได้ถึง 20 MHz.

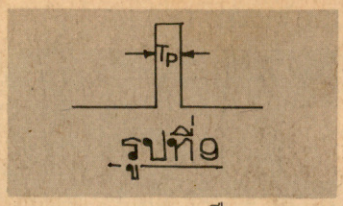
$$\therefore T = \frac{1}{f} = \frac{1}{20 \times 10^6} = 50 \text{ ns.}$$

ฉะนั้น pulse width ของ monostable จะอยู่ในช่วง 50 ns ถึง 60 μs.

ในที่นี้เลือกใช้ค่า pulse width = 700 ns.

ทางบริษัทผู้ผลิตกำหนดให้ค่า R_{12} อยู่ในระหว่าง 2 K ถึง 40 K

และ C_3 อยู่ในระหว่าง 10 pf ถึง 10 μf.



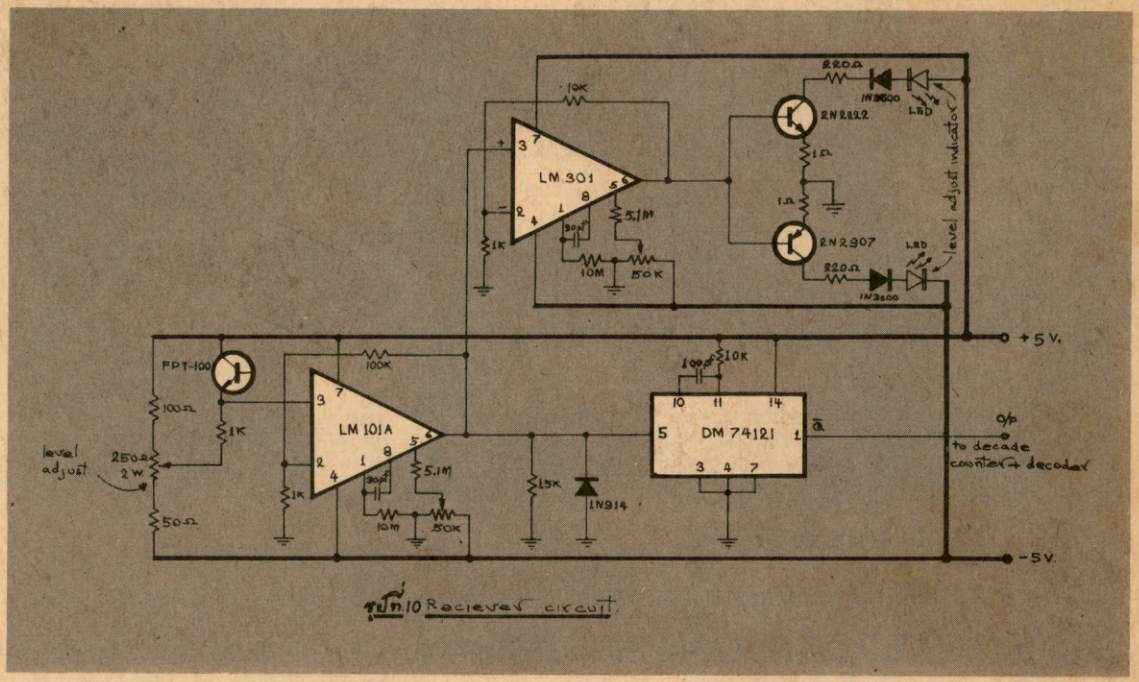
รูปที่ 9

$$T_P = R_{12}\, C_3 \ln 2$$

ใช้ค่า $R_{12} = 10\ K$

$$\therefore C_3 = \frac{T_P}{R_{12} \ln 2} = \frac{700 \times 10^{-9}}{10 \times 10^{3} \times 0.69} \approx 100\ pf$$

D_1 เป็น negative voltage protection ในที่นี้ใช้ IN 914 เนื่องจากมี forward current มากกว่า 25 mA (เนื่องจาก LM 101A มี short circuit protection ที่ 25 mA)



รูปที่ 10 Reciever circuit

ภาค counter, ภาค storage element, ภาค decoder และภาค display

ภาค counter, ภาค storage element, ภาค decoder และภาค display มีความสัมพันธ์กัน และแต่ละภาคมีเนื้อหาไม่มากนัก จึงจะกล่าวรวม ๆ กันดังในรูปที่ 11

DM 7490 เป็น BCD decade counter

DM 7475 เป็น four – bit storage element

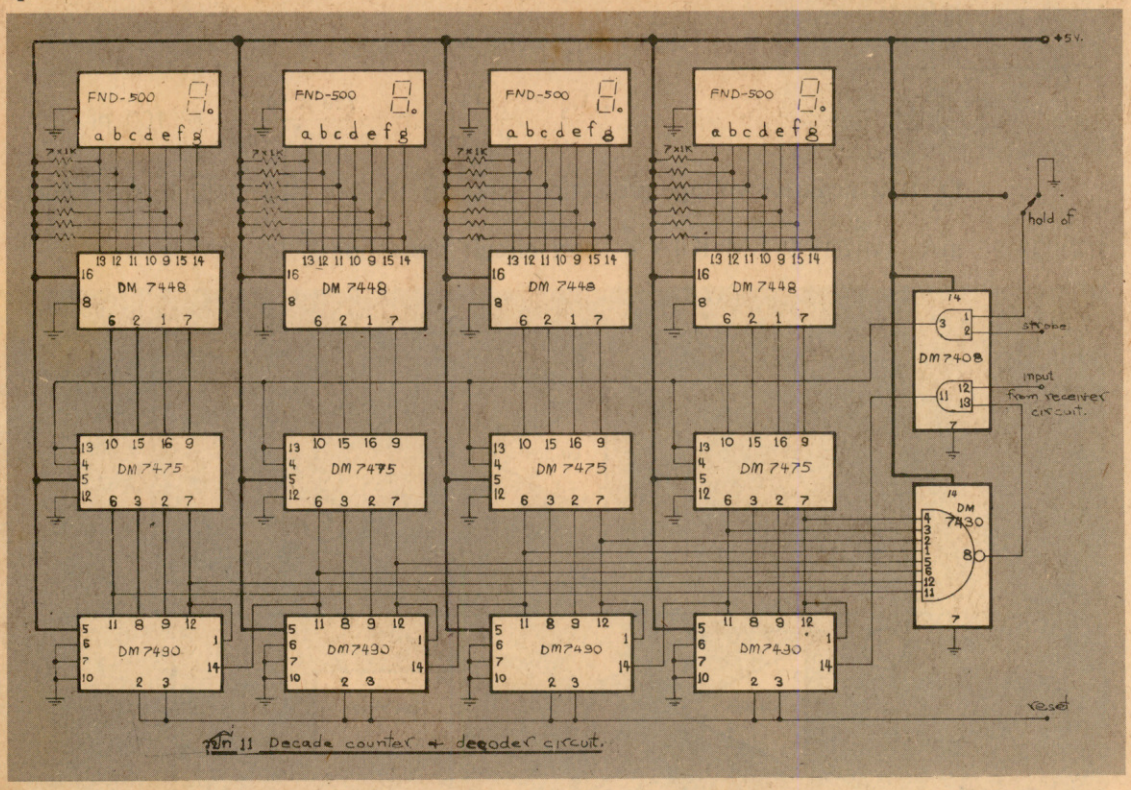
DM 7448 เป็น BCD to 7 – segment display decoder/driver

FND 500 เป็น 7 – segment LED display

DM 7430 และ $\frac{1}{4}$ DM 7408 (gate 2) ทำหน้าที่เป็น over range indicator

ส่วน $\frac{1}{4}$ DM 7408 (gate) ทำหน้าที่เป็น hold of control คือเมื่อขา 1 เป็น logical – 0 ก็จะทำให้ strobe clock ไม่สามารถผ่านถึง storage element ได้ ฉะนั้น decoder และ display ก็ยังแสดง information เดิมอยู่ไม่ว่าความเร็วของเครื่องจักรนั้นเปลี่ยนแปลงไปเป็นอย่างไร แต่เมื่อขา 1 เป็น logical – 1 ก็จะให้ strobe clock เข้าทำงานอย่างปกติ hold of control ใช้เมื่อ

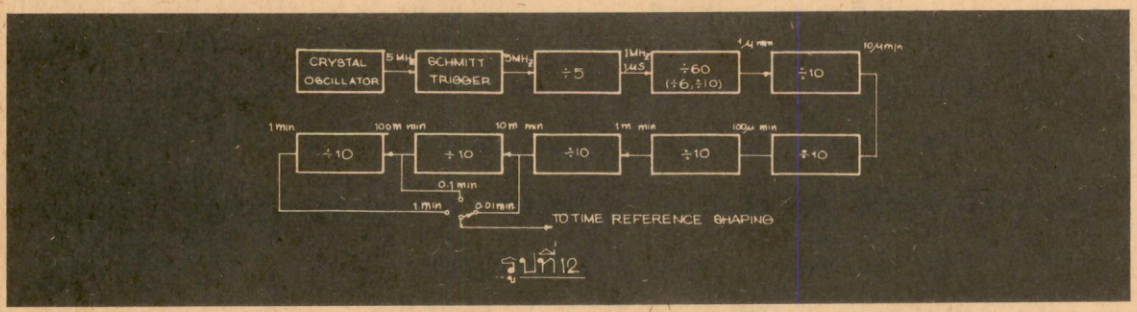
speed ของ motor เปลี่ยนแปลงมาก ทำให้ไม่สามารถอ่านความเร็วรอบได้สะดวก



รูปที่ 11 Decade counter + decoder circuit.

ภาค time reference

ภาค time reference เป็นภาคที่สร้าง square wave ที่มี period เท่ากับ 0.01 นาที 0.1 นาทีและ 1 นาที เพื่อนำไปเป็น strobe clock เนื่องจากต้องการ square wave ที่มี period ที่มีความเที่ยงตรงมาก จึงใช้ crystal oscillator ความถี่ 5 MHz. แล้วนำไปหารความถี่ด้วย IC จนกระทั่งได้ period ที่ต้องการ มีหลักการดังรูปที่ 12

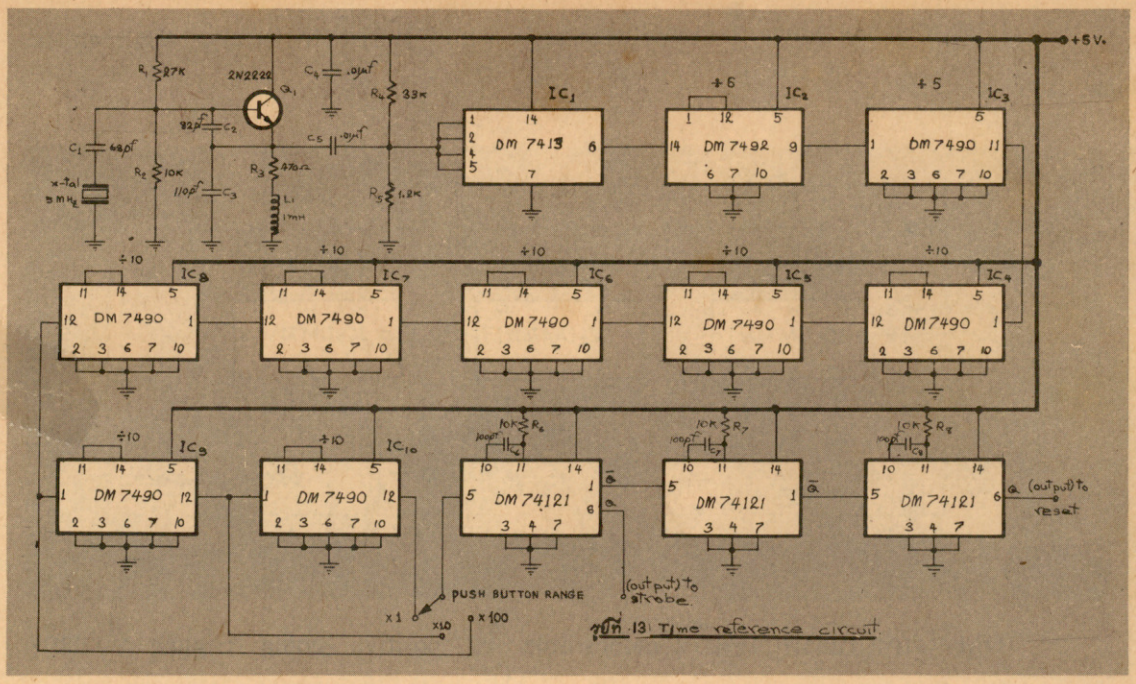


รูปที่ 12

ในรูปที่ 13 เป็น schematic diagram ของภาค time reference ซึ่งประกอบด้วยส่วนที่เป็น crystal oscillator circuit และส่วนที่เป็น frequency divider

ส่วนที่เป็น crystal oscillator circuit

R_1, R_2, R_3 ทำหน้าที่เป็น d.c. bias ให้ Q_1 ซึ่งเป็น VHF amplify transistor (2N2222A)



รูปที่ 13 Time reference circuit

L_1 เป็น load ของ a.c. circuit.

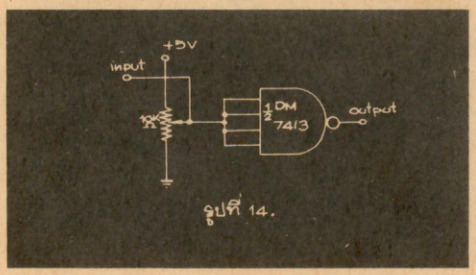
C_1, C_2, C_3 และ crystal เป็นตัวทำให้เกิดการ oscillate โดยได้รับการ feedback output signal เข้ามาในวงจร โดย crystal เป็นตัวควบคุมความถี่ให้ได้ 5 MHz และส่งไปขยายโดย Q_1 แบบ common collector ซึ่งมี L_1 และ R_3 เป็น load

C_5 เป็น signal couple สัญญาณไปให้ภาคต่อไป

C_4 เป็น filter supply ของ crystal oscillator circuit.

ส่วนภาค frequency divider ประกอบด้วย IC_1 ถึง IC_{10}

IC_1 เป็น schmitt trigger คือทำให้ sine wave จาก crystal oscillator เป็น square wave, R_4 และ R_5 ทำหน้าที่เป็น waveform control หาค่าโดยใช้ potentiometer 10k (ดังรูปที่ 14) แล้วปรับค่าจนได้ square wave ที่ดีที่สุด แล้วหาค่า fixed resistance ที่ใกล้เคียงใส่แทน



รูปที่ 14.

IC_2 เป็น DM 7492 ทำหน้าที่หารความถี่ด้วย 6

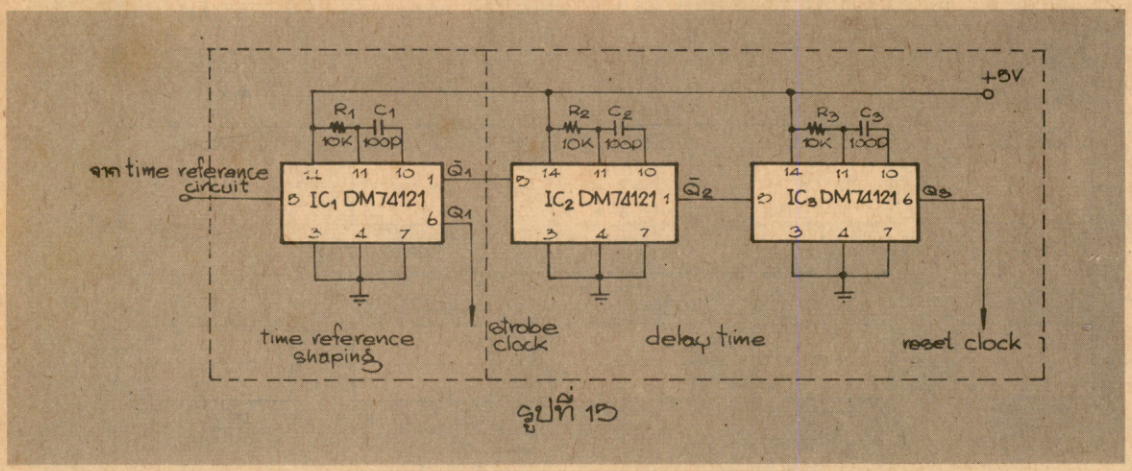
IC_3 เป็น DM 7490 ทำหน้าที่หารความถี่ด้วย 5

$IC_4 - IC_{10}$ เป็น DM 7490 ทำหน้าที่หารความถี่ด้วย 10

ภาค time reference shaping และ delay time

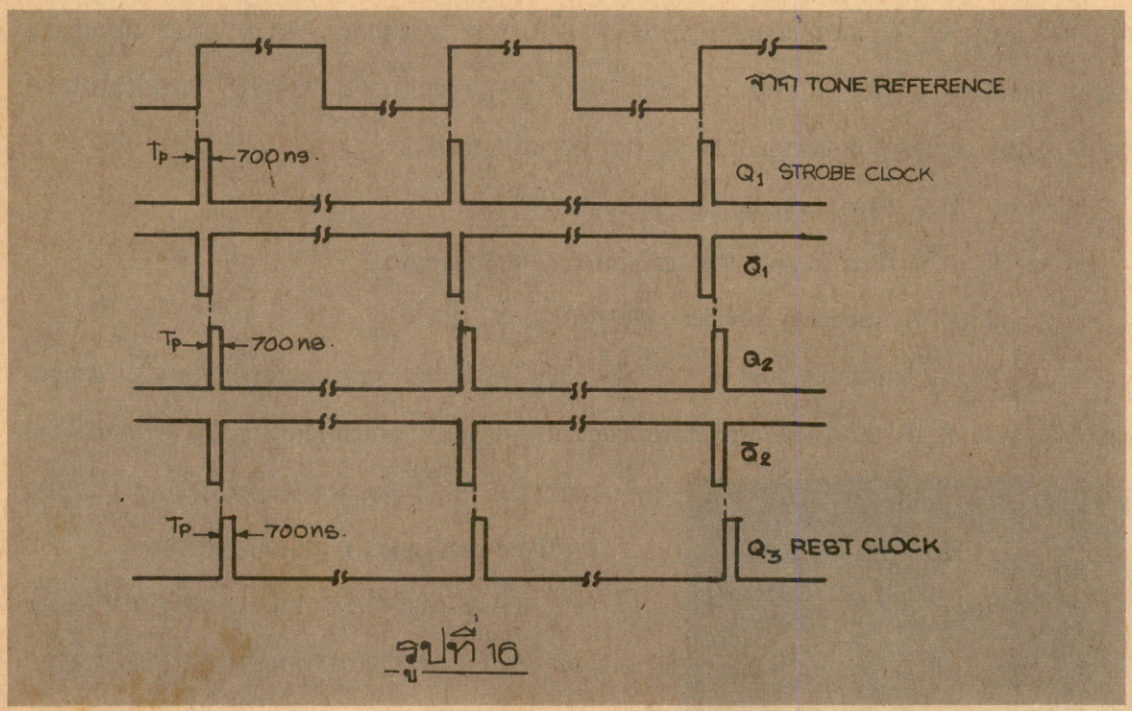
ภาค time reference ใช้ monostable ทำหน้าที่เป็น wave shaping เพื่อให้ period ของ time reference เป็น pulse แคบๆ เพื่อใช้เป็น strobe clock

และภาค delay time ใช้ monostable 2 ตัว ทำหน้าที่ให้เกิด pulse หลัง strobe clock 1400 ns ดังวงจรรูปที่ 15



รูปที่ 15

DM 74121 ในรูปที่ 15 เป็น monostable ใช้ positive going trigger ซึ่งจะเกิด waveform ดังรูปที่ 16



รูปที่ 16

ในที่นี้ใช้ $R_1 = R_2 = R_3 = 10\ K$

$C_1 = C_2 = C_3 = 100\ pf$

เพื่อให้ได้ pulse width (t_p) = 700 ns. ดังเหตุผลและการคำนวณในภาค receiver shaping

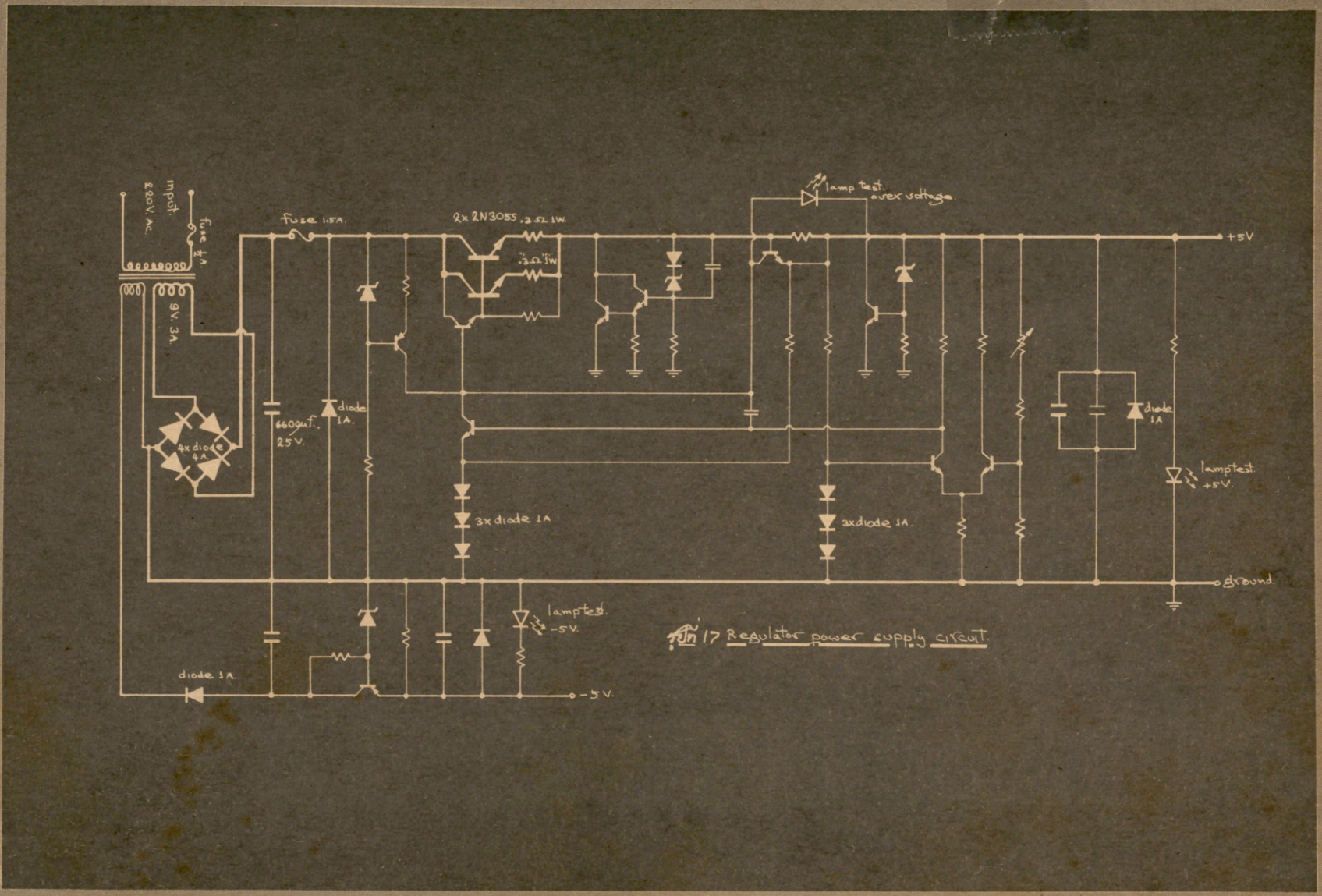
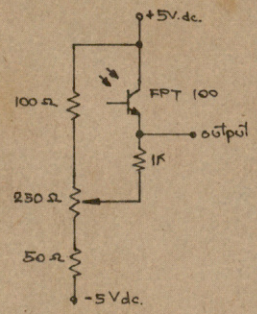
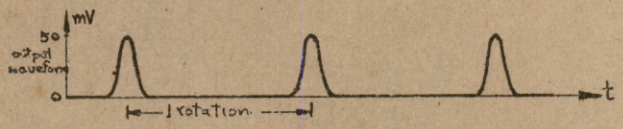


Fig 17 Regulator power supply circuit.

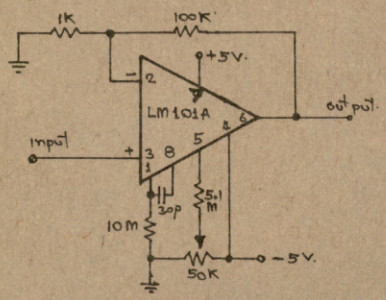
MEASUREMENT AND RESULT

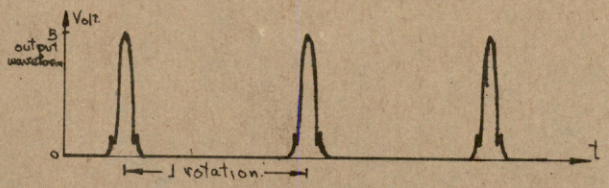
ภาค receiver



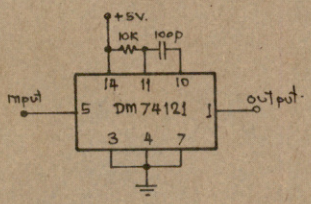


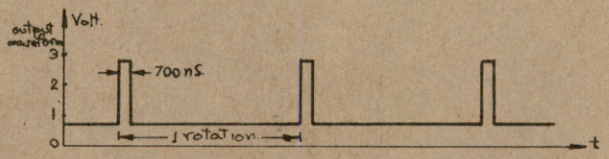
ภาค receiver amplifier



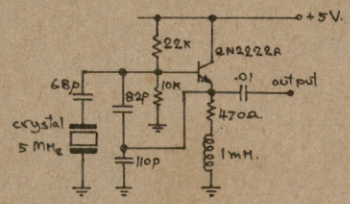


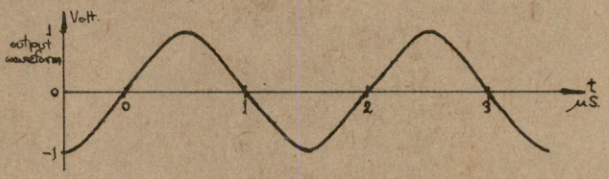
ภาค receiver shaping



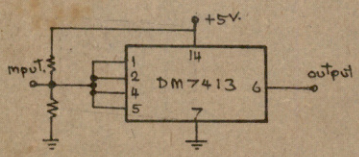


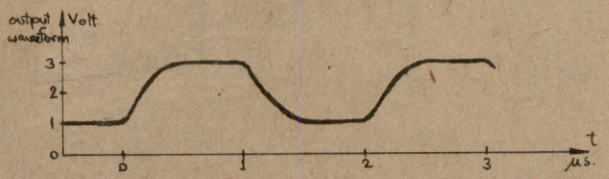
ภาค time reference crystal oscillator



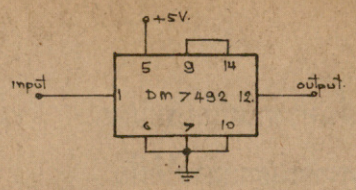


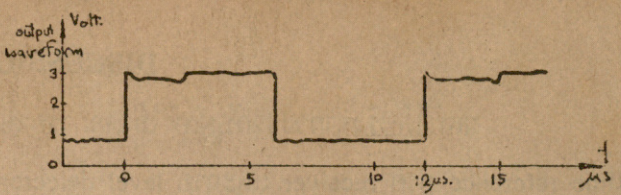
ภาค schmitt trigger



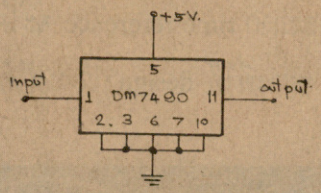


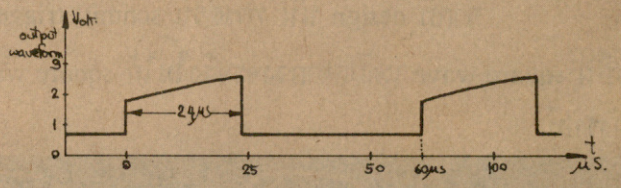
divide by six



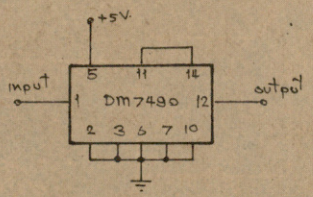


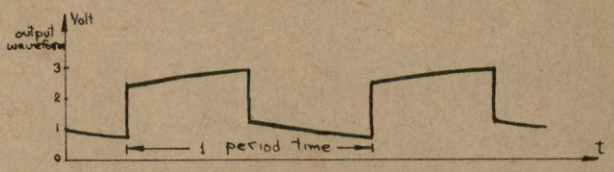
divide by five





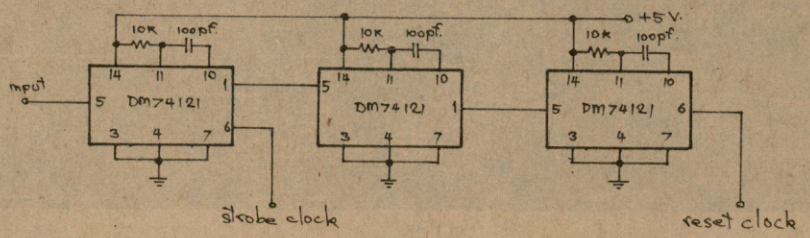
divide by ten

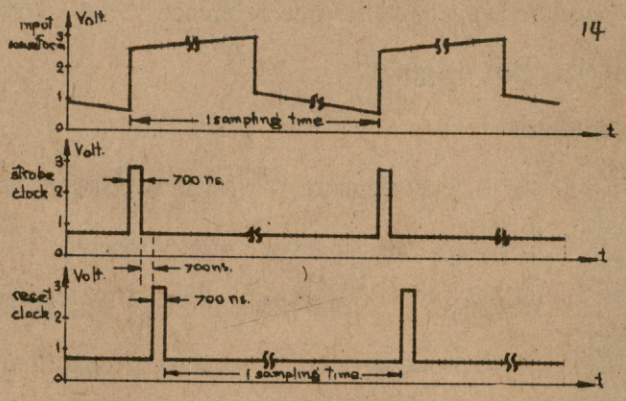




		IC_5	IC_6	IC_7	IC_8	IC_9	IC_{10}
period time	input	60 μS	600 μS	6 mS	60 mS	600 mS	6 Sec.
	output	600 μS	6 mS	60 mS	600 mS	6 sec	60 sec

shaping และ delay time



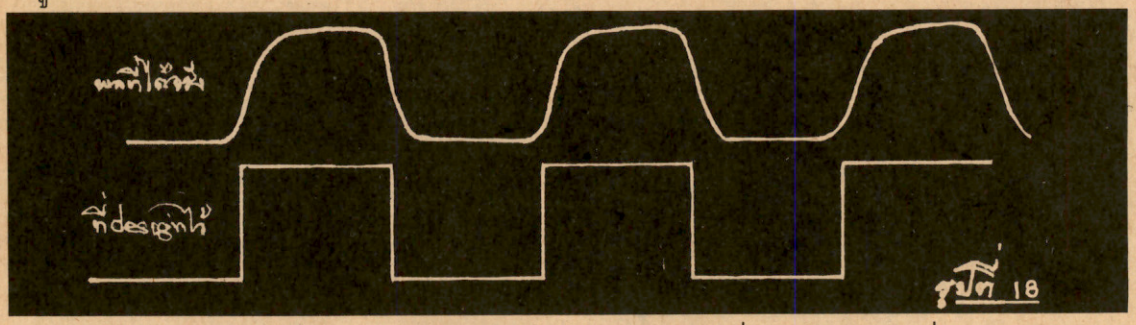


DISCUSSION

ผลที่ได้จริงจากวงจรกับผลที่ได้จากการคำนวณนั้นตรงกันเกือบทุกภาค เว้นแต่ภาค time reference ภาค receiver และภาค level detector ซึ่งพอจะแยกกล่าวได้คือ

ภาค time reference

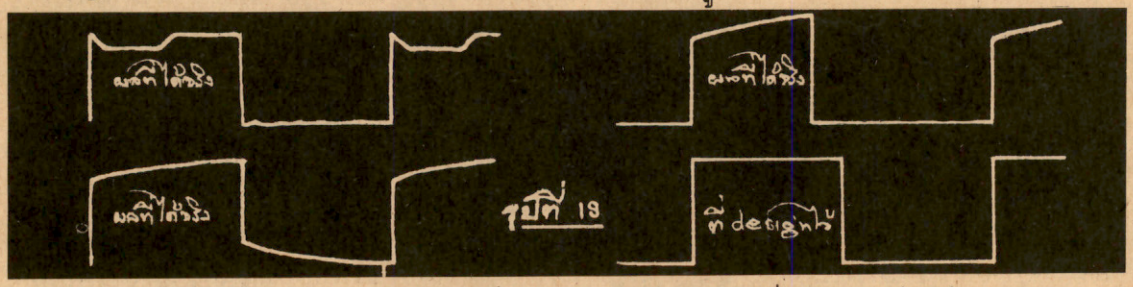
จากที่ design นั้น ทางส่วน schmitt trigger ของภาค time reference จะได้ waveform เป็น square wave แต่ผลจากวงจรจริงไม่ได้ square wave อย่างที่ได้ design ไว้ แต่ได้ waveform ดังรูปที่ 18



รูปที่ 18

waveform ที่ได้ออกมา divider ก็สามารถหารได้ ซึ่งไม่มีผลต่อภาคอื่น ๆ เลย

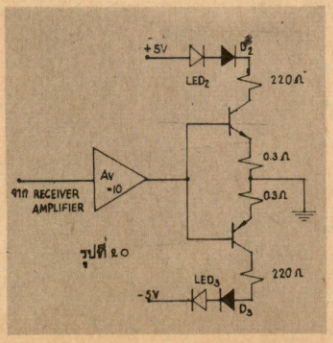
ส่วนที่เป็น divider ของภาค time reference ก็หาร frequency ได้ตามที่ design ไว้ แต่ output waveform ไม่ได้ square wave ที่ดีมากนัก ดังรูปที่ 19



รูปที่ 19

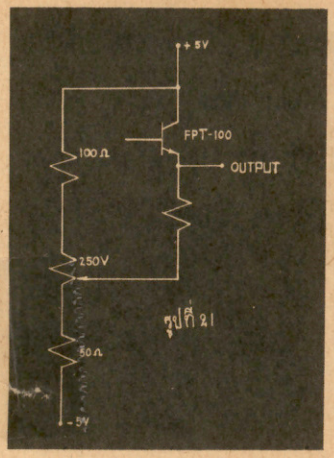
ถึงแม้ว่าจะได้ aquare wave ซึ่งเป็น time reference ที่ไม่ดี แต่ก็ไม่มีผลวงจรในภาคอื่น เนื่องจาก logical ที่ได้ตรงตามที่ design ไว้

ภาค level detector



รูปที่ 20

ในภาค level detector ก็ได้ผลออกมาไม่ตรงตามที่ design ไว้ คือ เมื่อพยายาม adjust level ของภาค receiver ให้ d.c. level ให้มีค่าเท่ากับศูนย์ โดยสังเกตจาก LED_2 และ LED_3 ดับพร้อมกันแล้ว แสดงว่าที่output ของภาค receiver มีค่าเท่ากับศูนย์ แต่ผลที่ได้จริงนั้น บางครั้งปรับอย่างไร LED_2 และ LED_3 ดับไม่พร้อมกัน ทั้งนี้เนื่องจาก potentiometer ที่ adjust level ในภาค receiver มีค่า



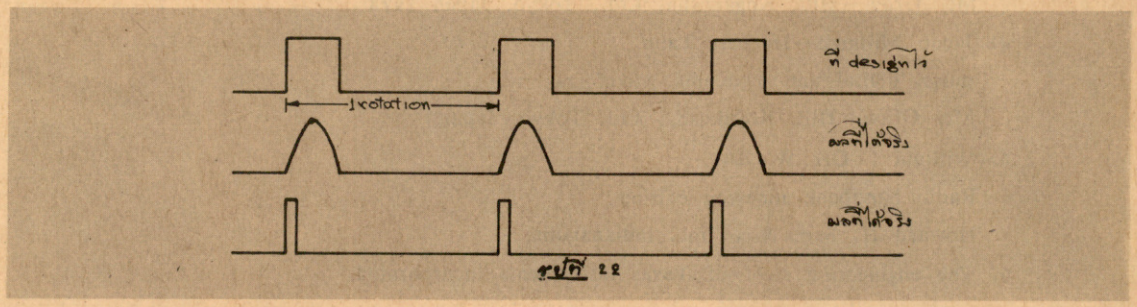
รูปที่ 21

ไม่ละเอียดพอ

ในการ set เครื่อง speedometer นี้ไปใช้วัดนั้น จะต้องพยายาม set ให้ LED_2 และ LED_3 บนหน้าปัทม์ดับพร้อมกัน ถ้าทำไม่ได้ก็พยายาม set ให้ LED_3 เริ่มจะติดก็ใช้ได้

ภาค receiver

จากการ design pulse ของแสงจะเป็นรูปของ pulse ที่มี risetime และ falltime น้อยมากๆ แต่เนื่องจากการหมุนของเครื่องจักรทำให้แสงเข้ามาไม่พร้อมกันหมดทีเดียวแต่จะค่อยๆ เริ่มเข้าจนมีปริมาณแสงมากที่สุด และมีปริมาณแสงน้อยลงตามลำดับ



รูปที่ 22

ดังนั้น signal output ของภาค receiver ที่คาดว่าจะได้เป็น pulse ก็ได้ดัง

ในรูปที่ 22 แต่เนื่องจากนำ signal นี้ไปขยายและ wave shaping ก็ได้ Pulse ตามที่ต้องการ

signal output ของภาค receiver ที่ได้ออกมาถึงแม้ว่าจะไม่ตรงตามที่ design ไว้ แต่ก็ไม่มีผลต่อวงจรในภาคอื่นๆ

วิธีใช้เครื่อง speedometer ทำได้ดังนี้

1 set output ของภาค receiver ให้มี dc. level = 0 โดยสังเกตจาก LED_2 และ LED_3 ดับ ในการ set ให้ set ในขณะที่ไม่มีแสงสะท้อนจาก Aluminium foil

2 ติด Aluminium foil จำนวนหนึ่งแถบบนเพลา หรือส่วนที่หมุนของเครื่องจักรที่ต้องการวัดความเร็วรอบ

3 จัดมุมสะท้อนระหว่างหลอดไฟที่ให้แสงสว่างกับ Aluminium foil และ photo transistor ให้แสงสะท้อนเข้า photo transistor อย่างเต็มที่

4 ในการวัดความเร็วรอบให้ใช้ range × 100 ก่อน เพื่อสังเกตการเปลี่ยนแปลงได้ง่าย

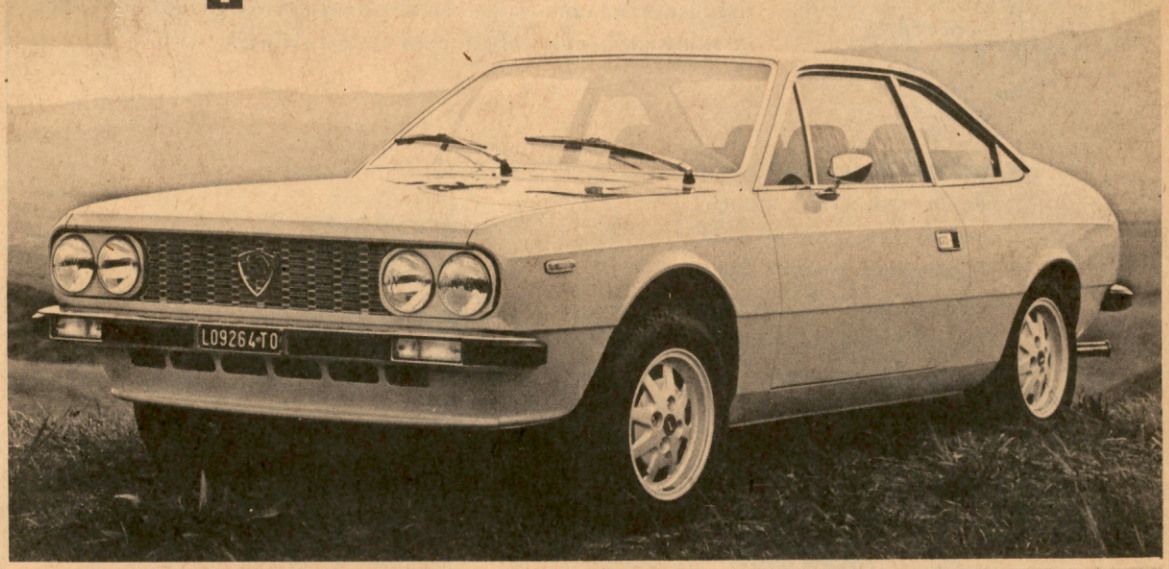
5 ถ้าหากเครื่องจักรมีความเร็วรอบต่ำมากๆ อาจจะใช้ Aluminium foil เป็น 10 แถบก็ได้ ซึ่งจะทำให้อ่านความเร็วรอบได้มากเป็น 10 เท่าตัว แต่ผู้ใช้จะต้องนำจำนวนที่วัดได้หารด้วย 10 เพราะเครื่องจักรหนึ่งรอบจะมีสัญญาณแสงเข้า photo transistor ถึง 10 pulses

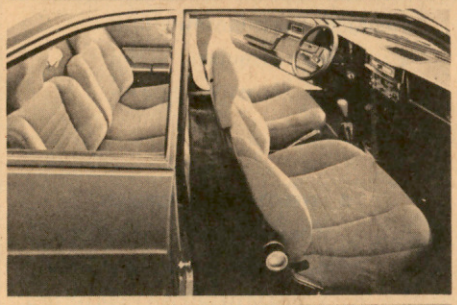
REFERENCE

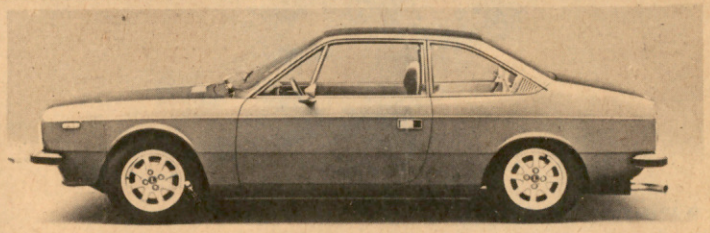
1. William H. Sahn
   GE. application note 200. 67
   "How to use plastic photodarlington tsansistor"
   General Electric company.
   Semiconductor Products Department, Auburn, New York.
2. The IC application Staff of Texas Instrument Incorporated.
   designing with TTL integrated circuits.
   Mc Graw – Hill book company, New York 1971
3. Jacob Millman – Christos C. Halkias
   integrated electronics analog and digital circuit and system.
   Mc. Graw – Hlll, Kogakusha, Ltd., Tokyo, Japan 1973
4. Jacob Millman – Herbert Taub
   pulse, digital and switching waveform
   Mc. Graw – Hill, Kogakusha, Ltd. Tokyo, Japan
5. William I Orr W 6 SAI
   Radio handbook nineteen edition
   Howard H. Sams & co. inc. indianapolis.
6. The engineering staff of Texas instruments incorporated.
   transistor circuit design.
   MC. Graw Hill Kogakusha, Ltd., Tokyo, Japan.
7. National Semiconductor Corporation.
   Linear integrated circuit.
8. Technical information center, motorola semiconductor product. Inc.
   the semiconductor data library, second editron 1973, technical information center,
   Motorola Product Inc., Arizona USA.

แลนเชีย

เบต้า คูเป้







2 ประตู 4 ที่นั่ง รูปร่างหรูหรา อุปกรณ์ภายในพร้อมเพรียง ที่นั่งบุด้วยกำมะหยี่อ่อนนุ่ม สวยงาม เครื่องยนต์ดับเบิ้ลโอเวอร์เฮดแคมชาร์ฟ 1800 ซี.ซี. ให้พลังสูง เร่งเร็ว รอบจัดเร่งได้ 185 ถึง 190 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ระบบกันสะเทือนอิสระทั้ง 4 ล้อ ดิสเบรคทั้ง 4 ล้อ ยางเรเดียนหน้ากว้าง เป็นมาตรฐานประจำรถ เกียร์ 5 สปีด เข้าคล่องออกคล่อง ทัศนวิสัยการขับรอบทิศทาง ไม่มีจุดบอด

โปรดติดต่อสั่งซื้อด่วน ที่

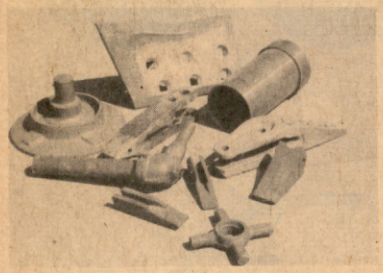
LANCIA β

บริษัท ยนตร์กิจ จำกัด

372 ถนนพระราม 4 กรุงเทพฯ โทร. 32131, 34103

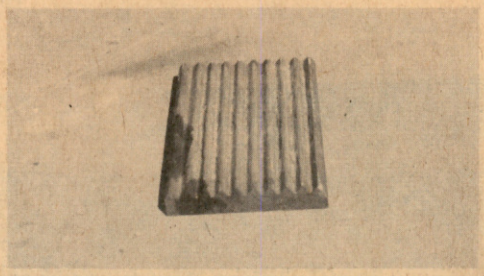
รับหล่อเหล็กกล้าตามที่ต้องการ
และตามมาตรฐานสากล
โดยโรงหล่อทันสมัยแห่งประเทศไทย

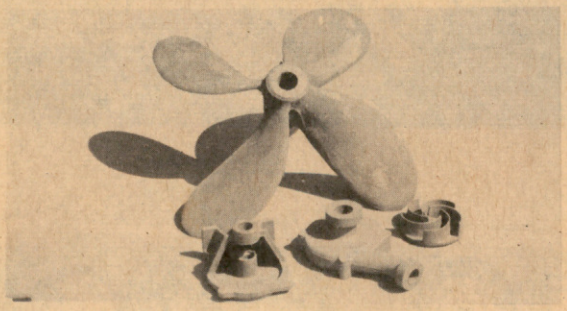
สำหรับผลิตภัณฑ์เหล็กหล่อและเหล็กกล้า
รูปพรรณต่าง ๆ ทุกชนิด



● **เหล็กกล้าโลหะผสมต่ำ** เป็นเหล็กกล้าที่มี โครเมี่ยม โมลิบดินั่มและนิเกิ้ลผสม เหมาะสำหรับชิ้นส่วนที่ทนแรงดึง และต้านทานแรงกระแทกได้สูง เช่น เกียร์ เฟือง อุปกรณ์การขุดดิน เครื่องจักรในการเกษตร และลูกสูบไฮโดรลิค

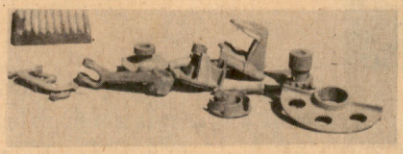
● **เหล็กกล้าทนความสึกหรอ**
เป็นเหล็กกล้าแมงกานีส หรือเหล็กแฮทฟิลด์ เหมาะสำหรับอุปกรณ์ใช้งานสมบุกสมบัน ทนต่อการสึกหรอและแรงกระแทกกระทั้น เช่น ฟัน ข่อยหิน เครื่องบด กะพล้อ ตักแร่-ตักดิน อุปกรณ์ประกอบรางรถไฟ เสื้อปั๊มสำหรับกรวดและหิน





● **เหล็กกล้าไร้สนิม**
เป็นเหล็กกล้าที่มีส่วนผสมของโครเมี่ยม และนิเกิลอยู่สูง ต้านการเป็นสนิมและทนต่อการกัดกร่อนของกรดต่าง ๆ หรือสารประกอบต่าง ๆ เช่น อุตสาหกรรมผลิตกระดาษ อุตสาหกรรมน้ำมัน

● **เหล็กกล้าคาร์บอน**
เป็นเหล็กกล้าที่มีส่วนผสมธาตุคาร์บอนสูง เหมาะสำหรับอุปกรณ์ผลิตภัณฑ์โลหะ เช่น เครื่องตัด เครื่องขึ้นรูปลูกกลิ้ง และเหล็กรูปพรรณอื่นที่ต้องการผิวแข็ง ทนต่อการสึกหรอ



● **เหล็กหล่อโลหะผสม**
เป็นเหล็กหล่อที่ทนต่อการสึกหรอได้สูงมาก เช่น เหล็กนิฮาด (NIHARD) จะกลึงไสทำได้ด้วยการเจียร์เท่านั้น เหมาะสำหรับทำกระบอกสูบ ลูกสูบ เครื่องยนต์ และอุปกรณ์ใช้ในอุตสาหกรรมหนักทั่วไป

สนใจโปรดสอบถามรายละเอียดเพิ่มเติม
โทร. 68-7344, 68-7345, 68-7950-1

บริษัท บูรพาเหล็กกล้า จำกัด

715 ซอย 48 ประชาอุทิศ สุขสวัสดิ์ กรุงเทพ ฯ

Digital Frequency Period Counter & Multimeter (DFCMM)

เผ่าศิริ กลิ่นขจร
สิทธิเดช ศรีละออ
นักศึกษาภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า

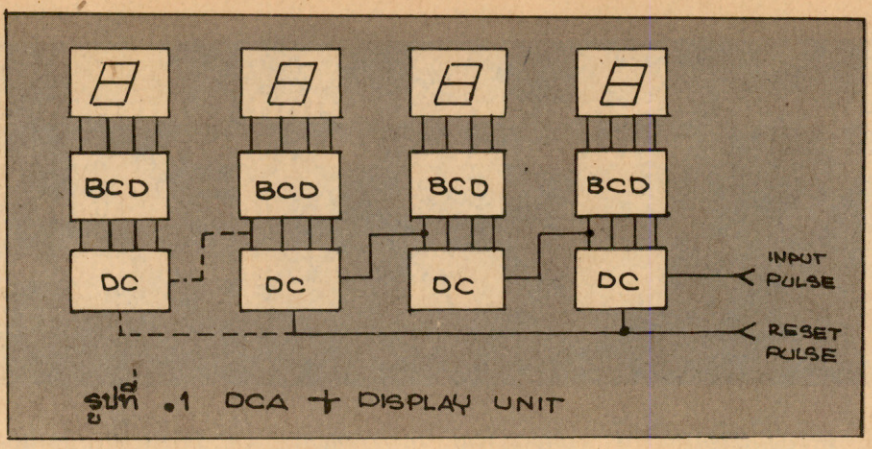
เครื่องมือวัดทางไฟฟ้า (electrical instrument) ในปัจจุบัน ได้เปลี่ยนแนวโน้มจากการใช้แบบ analog system มาเป็นการใช้แบบ digital system ที่เป็นเช่นนี้แม้ว่า analog system จะมีค่า accuracy สูงกว่า analog to digital system แต่เราไม่สามารถจะอ่านหรือบันทึกให้ละเอียดได้ เช่น การอ่าน scale ของ analog meter จะอ่านให้ได้ละเอียดถูกต้องย่อมทำได้ยาก แต่ digital data สามารถจะอ่านในรูปของตัวเลขได้โดยตรง ทั้งยังสามารถจะเก็บ หรือบันทึกข้อมูลเอาไว้เพื่อผ่านกระบวนการทางคณิตศาสตร์ได้อีกด้วย

ความเที่ยงตรงของ digital system มักจะขึ้นอยู่กับวงจรที่ทำหน้าที่เปลี่ยนข้อมูลทาง analog มาอยู่ในรูปของ digital จึงทำให้การสร้าง analog to digital และ digital system ต้องใช้วงจรที่ละเอียดและซับซ้อนกว่า analog system มาก ทำให้ราคาค่อนข้างสูง แต่เนื่องจากวิวัฒนาการทางเทคโนโลยีสมัยใหม่เจริญขึ้นมาก ผลจากการค้นคว้าทาง solid state สามารถจะสร้างวงจรต่างๆ ที่ซับซ้อนและยุ่งยาก ให้มีขนาดเล็กลงและราคาต่ำ เช่น การสร้าง computer unit หรือ arithmatic unit ซึ่งถ้าสร้างด้วย discrete component แล้ว จะต้องใช้เนื้อที่ขนาดใหญ่และราคาสูง แต่เมื่อสร้างอยู่ในรูปของ integrated circuit จะสามารถลดขนาดลงมาให้เหลือขนาดไม่ถึง 4 ซม.^{2} เท่านั้น ทั้งราคาก็ถูกกว่า Discrete component เป็นสิบๆ เท่าทีเดียว จึงทำให้มีการผลิตเครื่องมือในระบบ digital มากขึ้น

ด้วยเหตุผลดังกล่าวผู้เขียนจึงอยากจะแนะนำให้ท่านได้เริ่มรู้จักกับการทำงาน ของเครื่องมือวัดที่ทำงานในระบบ digital ซึ่งเริ่มมีใช้อย่างแพร่หลายกันในปัจจุบัน โดยในที่นี้จะกล่าวถึงการทำงานพอสังเขปและการทำงานของ frequency period counter & multimeter โดยจะแบ่งอธิบายเป็นภาคๆ และเขียน block diagram แทนที่จะเป็นวงจรโดยตรงเป็นส่วนใหญ่ ดังจะได้แบ่งออกเป็นภาคๆ ดังนี้

1. COUNTER & DISPLAY UNIT

counter และ display unit ประกอบด้วยวงจร decade counter unit, decoder/driver unit และ numerical display ดังรูปที่ 1



รูปที่ .1 DCA + DISPLAY UNIT

input ที่ใส่ให้กับ decade counter แต่ละตัวจะอยู่ใน scaling factor ของสิบ ทุกๆ 10 pulses ที่จะเข้ามา จะทำให้ได้ output 1 pulse ดังนั้น series ของ n decade counter สามารถจะ count ใน scaling factor ของ 10^n

output ที่ได้จาก decade counter จะอ่านได้ในเทอมของ binary number ดังนั้น เพื่อที่จะให้สามารถอ่านจำนวน pulsed input ได้ในรูปของ ฐานสิบ จึงต้องใช้วงจร binary to decimal decoder มาเปลี่ยน แล้วส่งไปยัง numerical display เพื่อให้อ่านจำนวน pulsed input ได้โดยตรง

2. FREQUENCY MEASUREMENT

การวัดความถี่ที่ใช้กันในปัจจุบัน มักจะใช้ electronic counter เป็นตัววัด โดยอาศัยความสัมพันธ์ที่ว่า

$$f = \frac{\text{cycle of input}}{T}$$

เมื่อ f = ความถี่ (H_z)

T = measurement time (sec.)

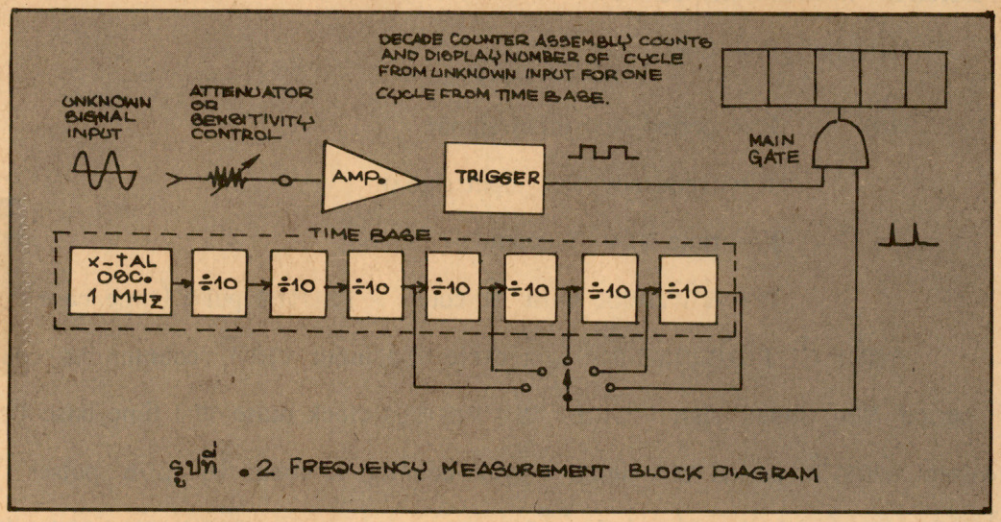
ดังนั้นถ้าป้อน electrical pulse ที่ต้องการวัดให้กับ electronic counter ในเวลาที่กำหนด ก็สามารถจะรู้ความถี่ของ electrical pulse ที่ต้องการวัดนั้นได้โดยอาศัยความสัมพันธ์ข้างต้น เช่น electronic counter ใช้เวลาในการวัด (T) เท่ากับ 1 sec. ได้ cycle of input 100 ก็แสดงว่าความถี่ที่ใส่เข้ามาเท่ากับ 100 H_z เป็นต้น

basic section ของ frequency counter แสดงในรูปที่ 2

จาก block diagram ประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังนี้

ก. INPUT AMPLIFIER AND TRIGGER เป็นวงจรส่วนหน้า ที่ทำหน้าที่รับเอาสัญญาณ input ทางไฟฟ้าที่ต้องการวัด เช่น sine wave, square wave, pulse หรือ complex signal ที่มี amplitude หรือ frequency ขนาดหนึ่งๆ มาผ่าน attenuator หรือ amplifier เพื่อให้ได้ output pulse ต่อ input cycle ที่มี amplitude คงที่ตลอดทุก input signal เพื่อที่จะสามารถ

drive decade counter circuit ได้อย่างถูกต้อง



รูปที่ 2 FREQUENCY MEASUREMENT BLOCK DIAGRAM

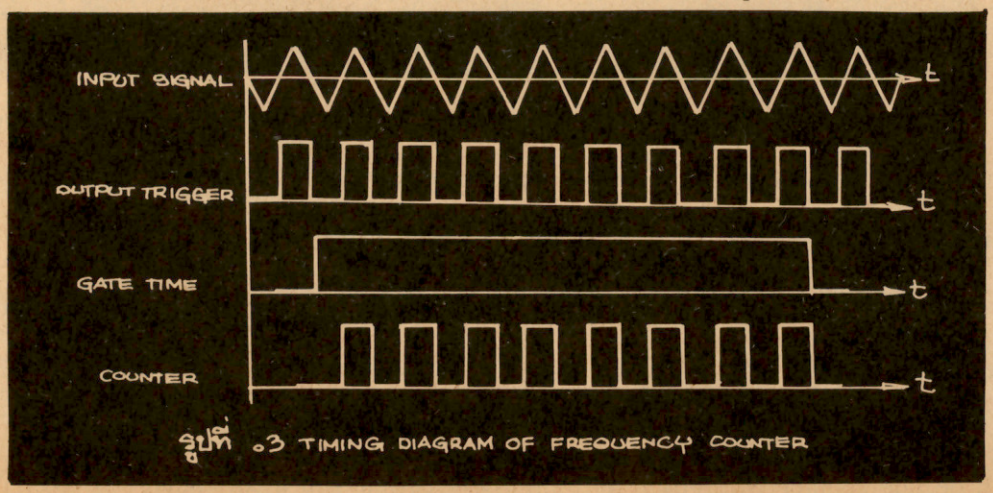
ข. MAIN GATE output ของ trigger circuit จะต่อไปยัง decade counter โดยผ่าน AND gate ซึ่งจะเป็นตัว เปิด/ปิด output ของ trigger กับ decade counter

ค. TIME BASE time base หรือ clock ทำหน้าที่ผลิต pulse ที่มีความถี่หรือเวลาที่แน่นอน เพื่อส่งไปควบคุมการ เปิด/ปิด สัญญาณของ main gate

เวลาที่ time base ควบคุม main gate เรียกว่า gate time เวลา 1 sec. หรือเวลาอื่นๆ ได้จากการหารความถี่ 1 MH_z ของ crystal oscillator ทีละ 10 โดยใช้ Decade counter ($\div$ 10) หรือจะโดยการหาร 50 H_z power line frequency ด้วย 5 และ $\div$ 10 ต่อๆ ไปก็ได้ จะเป็นตัวกำหนด range ที่ต้องการวัด เช่น gate length 1 milli-sec. counter จะ count 1,000 ดังนั้นความถี่ที่ได้จะเป็น 1.000 MH_z ซึ่ง decimal point จะเปลี่ยนแปลงตาม range ต่างๆ ตาม

$$f = \frac{\text{cycle of input}}{T}$$

timming diagram ของ frequency counter แสดงไว้ในรูปที่ 3



รูปที่ 3 TIMING DIAGRAM OF FREQUENCY COUNTER

3. PERIOD MEASUREMENT

เนื่องจาก $P = \frac{1}{f} = \frac{T}{1 \text{ cycle of input}}$

เมื่อ P = period ของ input signal

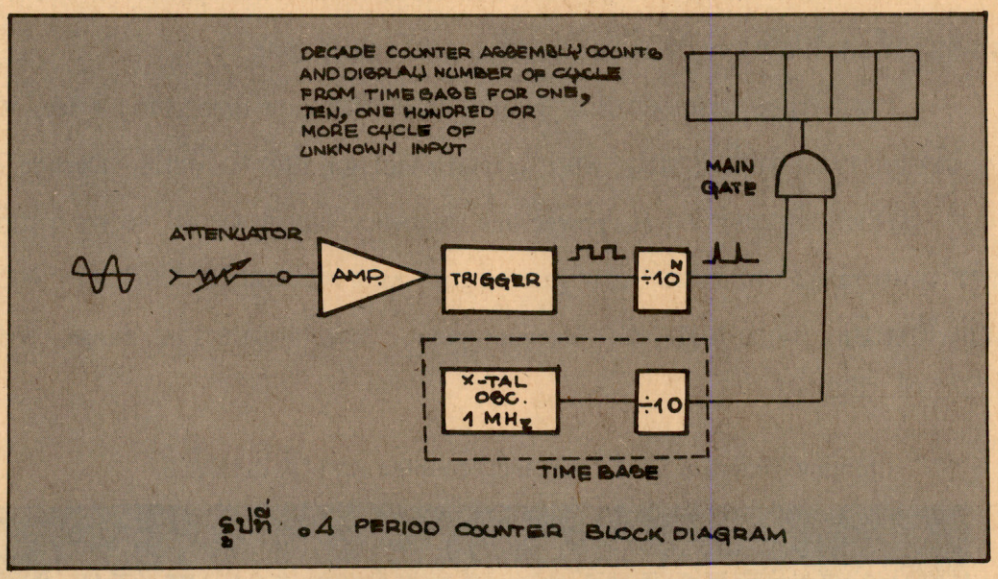
f = frequency ของ input signal

T = time ของการ count

T = จำนวนของ pulse ที่ count × เวลาของ pulse (time base)

ดังนั้น ถ้า T เป็นเวลาที่สั้นกว่า 1 cycle ของ input เวลาที่ counter จะ count ได้ก็คือ period ของ input signal นั่นเอง เช่น เวลาของ clock pulse ของ time base เท่ากับ 1 micro–sec. ทำการวัด period ของ signal 1 cycle counter จะ count ได้ 1,275 pulses ดังนั้นเวลาในการ count/cycle input(period) ก็คือ 1,275 ×1 micro–sec. หรือเท่ากับ 1.275 milli–sec. ซึ่งขึ้นอยู่กับการใส่ decimal point ของ display unit

basic section ของ period counter แสดงในรูปที่ 4



รูปที่ 4 PERIOD COUNTER BLOCK DIAGRAM

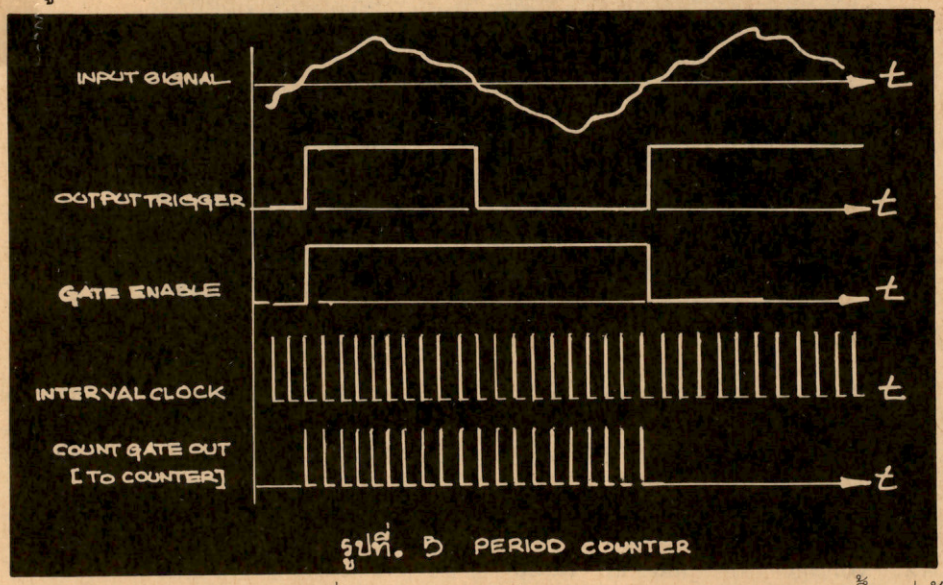
จะเห็นได้ว่า หลักการทุกอย่างของ period counter เหมือนกับ frequency counter แตกต่างกันที่ period counter ใช้ input signal control เวลาของgate แต่frequency counter ใช้ time base control เวลา เปิด/ปิด gate ($\because f = \frac{1}{T}$)

period counter มีข้อนอกเหนือไปจาก frequency counter เล็กน้อยตรงที่ output ของ trigger circuit มี divide by 2 (flip – flop) และ n decade counter ต่อคั่นอยู่ระหว่าง gate

DIVIDE BY 2 (flip-flop) จะทำหน้าที่ ÷ trigger out put เพื่อให้เปิด gate 1 period และ n decade counter ที่ต่ออยู่นี้ จะทำหน้าที่หาร period ของ input signal เพื่อให้การcount

ทำได้ละเอียดยิ่งขึ้น ทั้งยังสามารถจะวัด period ของ signal ที่มีเวลาต่ำกว่า time base ได้ด้วย นั่นคือ ถ้า time base clock = 10^{-5} sec period ของ signal ที่จะวัดเท่ากับ 2.451×10^{-4} sec ถ้า out put จาก trigger circuit ต่อโดยตรงกับ gate counter จะ count ได้เพียง 24 pulses ซึ่งได้ค่าไม่สมบูรณ์ แต่ถ้า out put จาก trigger circuit ต่อผ่าน decade counter 2 ตัว ($\div$ 100) จะทำให้เวลาของการเปิด gate เพิ่มขึ้น 100 เท่า หรือ cycle input gate เท่ากับ 100 cycle input ดังนั้น counter จะ count ได้ 2451 พอดี

รูปที่ 5. แสดง timing diagram ของ period counter



ACCURACY ความเที่ยงตรงของการวัด frequency และ period จะขึ้นอยู่กับ factor 2 อย่างคือ

1. **ความเที่ยงตรงของ** time base ที่เกิดจาก crystal oscillator ซึ่งมีผลมาจาก

ก. LONG TIME DRIFT

เป็นการเปลี่ยนแปลง frequency ของ crystal เมื่อใช้ไปนาน ๆ ปรกติจะบอกอยู่ใน specification ของ crystal

ข. SHORT TERM STABILITY

เป็นการเปลี่ยนแปลงความถี่ของ oscillator เนื่องจาก random variable cause เช่น oscillator circuit noise, supply voltage variation, etc.

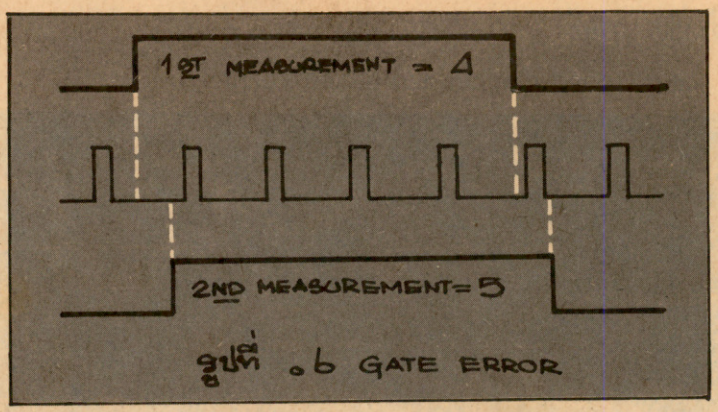
ค. LINE VOLTAGE VARIATION

การเปลี่ยนแปลงของ line voltage เป็นสาเหตุของการ drift ใน oscillator โดยปรกติประมาณ $1/10^{10}$ สำหรับ 10% line voltage variation

3. TEMPERATURE CHANGE

การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ จะทำให้ผลึกของ crystal เกิดการยืดหรือหดตัว ทำให้ความถี่ที่กำหนดเปลี่ยนแปลงได้

2. GATE ERROR เนื่องจาก signal ที่จะ count ไม่สามารถจะ sync. กับการเปิดและปิด gate จึงทำให้เกิด error ± 1 count



รูปที่ 6 GATE ERROR

4.DIGITAL VOLTMETER

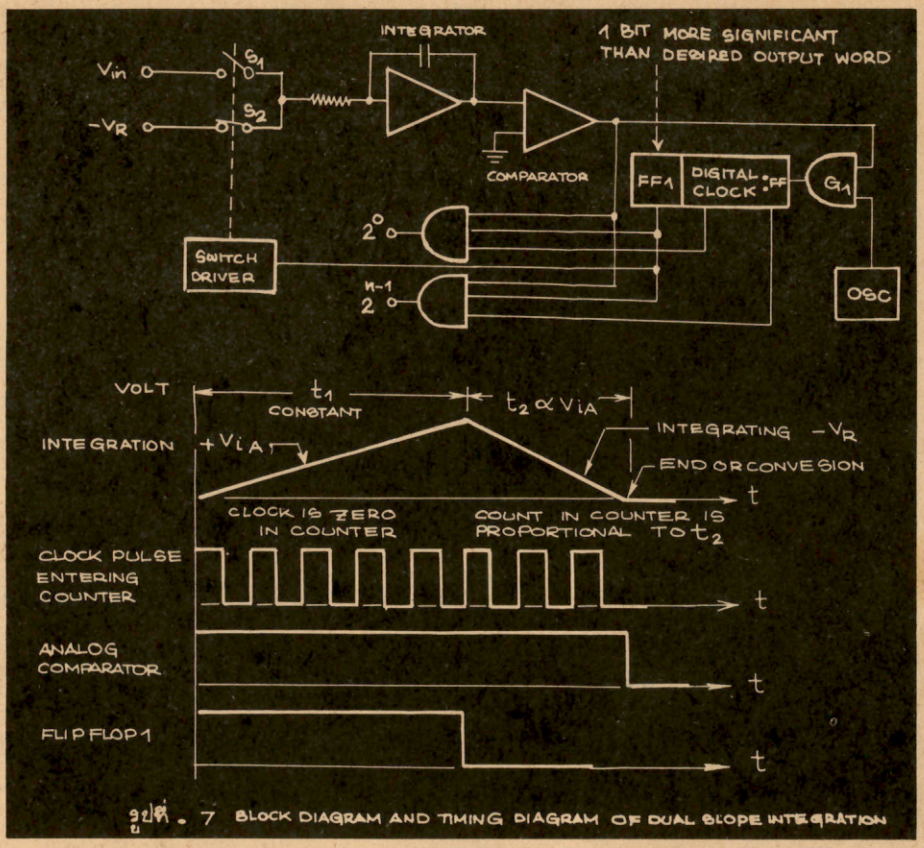
หัวใจสำคัญของ digital voltmeter ก็คือ analog to digital converter และ counter, analog to digital converter ที่มักจะพบใน digital voltmeter จะแบ่งออกเป็น 4 แบบ คือ

1. direct comparison
2. voltage to time or ramp
3. voltage to frequency integration
4. dual slope integration (up – down integrator)

แบบที่นิยมใช้ได้แก่ dual slope integration ซึ่งทำงานในลักษณะของ pulse width modulator (หรือ voltage to time principle) ซึ่งมีหลักการเบื้องต้น คือ **การ generate pulse width ให้เป็นสัดส่วนโดยตรงกับ analog input voltage โดยการเปรียบเทียบเวลาระหว่างการ integrate 2 ครั้ง**

การ integrate ครั้งแรก จะเป็นการ integrate input signal ในช่วงเวลาคงที่ t_1 หลังจากนั้น input ของ integrating circuit จะถูก switch ไปยัง known reference voltage เวลาจากการ switch จนกระทั่ง integrator output voltage ถึงค่าที่ fixed reference เอาไว้ จะเป็นการวัด analog input voltage

flip–flop1 และ flip-flop ทุกตัว reset ให้เป็น 0 switch S_1 ปิด และ S_2 เปิด ดังนั้น integrator จะ integrate input voltage V_{in} [illegible] integrator out put ต่ำกว่า 0 volt เล็กน้อย comparator output จะเปลี่ยน stage ทำให้ gate G_1 เปิด counter จะ count pulse จาก



รูปที่ 7 BLOCK DIAGRAM AND TIMING DIAGRAM OF DUAL SLOPE INTEGRATION

oscillator ไปเรื่อย ๆ จนกระทั่ง output ของ flip – flop เป็น 1's condition และ pulse ต่อมา counter จะ เปลี่ยน stage เป็น 0 trigger flip–flop 1 ให้เป็น 1 stage output ของ flip-flop 1 นั้นเอง จะเปิด switch S_1 และปิด switch S_2 ที่เวลานั้น voltage บน capacitor ของ integrator V_C จะเป็นไปตาม expression

$$V_{C_1} = \left(\frac{1}{RC}\right) \int_0^{t_1} V_{in}\, dt$$

$$= V_{in} \frac{t_1}{RC}$$

เมื่อ switch S_2 ปิด จะต่อ $-V_{REF}$ เข้ากับintegrator ทำให้ integrator out put เพิ่มขึ้นอย่าง linear เข้าหา 0 volt เมื่อถึง 0 volt comparatorจะเปลี่ยนstage, inhibit clock pulse จาก counter โดยปิด gate G_1

ดังนั้น $V_{C_2} = 0 = V_C - \left(\frac{1}{RC} \int_0^{t_2} V_{REF}\, dt\right)$

$$= V_C - V_{REF}\frac{t_2}{RC}$$

$$V_{in}\frac{t_1}{RC} = V_{REF}\frac{t_2}{RC}$$

$$V_{in} = V_{REF}\frac{t_2}{t_1}$$

เนื่องจาก V_{REF} และ t_1 constant

$$\therefore V_{in} \propto t_2$$

ถ้า v_{in} มีค่ามาก counter ก็จะใช้เวลาในการ count นานเป็นสัดส่วนโดยตรงกับ V_{in} เช่น

V_{REF} = 2 V ; t_1 = เวลาที่ counter count = 20,000 pulses

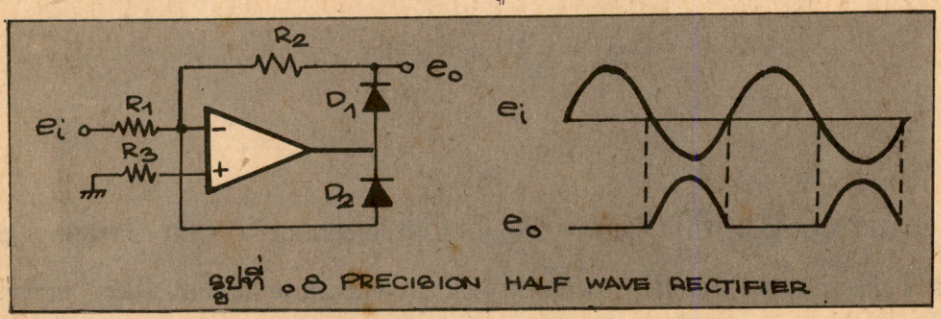
ถ้าวัด V_{in} = 1 V ; t_2 = เวลาที่ count = $\frac{20{,}000 \times 1}{2}$ = 10,000 pulses

V_{in} = 1.999 V ; t_2 = เวลาที่ count = $\frac{20{,}000 \times 1.999}{2}$ = 19,990 pulses

จากผลของ $V_{in} = V_{REF}\frac{t_2}{t_1}$ นี้เอง จะเห็นได้ว่า accuracy ของ dual slope integration จะไม่ขึ้นอยู่กับค่า time constant RC หรือ long term stability ของ clock oscillator เลย แต่จะขึ้นอยู่กับ V_{REF} เพียงอย่างเดียวเท่านั้นตามทฤษฎี

PRECISION AC DC CONVERTER

การวัด ac voltage ของ digital voltmeter จำเป็นจะต้องทำการ rectifier ac voltage ให้มาอยู่ในรูปของ dc voltage เสียก่อน แต่การที่จะใช้ diode rectifier ธรรมดานั้น ใน voltage ช่วงต่ำๆ ทำได้ยาก เนื่องจาก diode ทุกตัวมีค่า threshold voltage อยู่ในระดับหนึ่งที่จะ conduct ได้ (Si ≈ 0.6 V, Ge ≈ 0.2 V) ทำให้linearityของการrectifier ไม่ดี เพื่อที่จะแก้ปัญหานี้ จึงได้นำ high operating amplifier มาช่วย ดังวงจรในรูปที่ 8.



รูปที่ 8 PRECISION HALF WAVE RECTIFIER

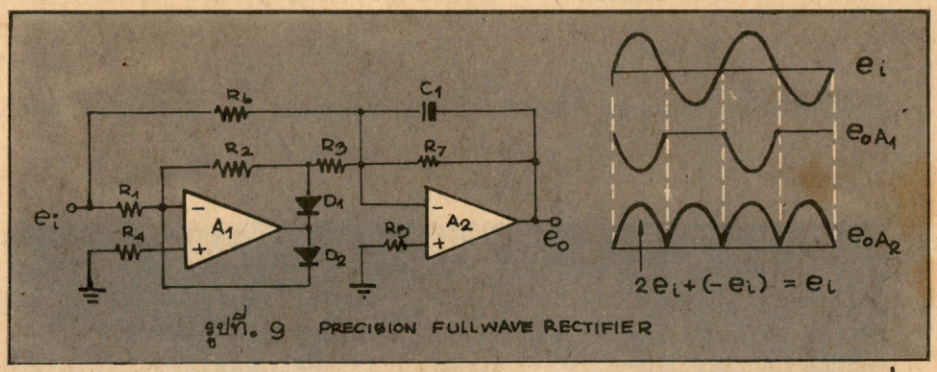
D_1 และ D_2 ทำหน้าที่เป็น feed back loop

เมื่อ input signal ถูก applied ผ่าน R_1 ไปยัง summing node ของ inverting amplifier ถ้า input signal เป็น negative D_1 จะ foreward bias ทำให้เกิด voltage drop across R_2 e_o จึงขึ้นอยู่กับ gain ของ amplifier $(= \frac{R_1}{R_2})$ ถ้า $R_1 = R_2$; $e_i = e_o$

เมื่อ input signal เป็น positive D_1 จะ off ทำให้ไม่มี output voltage หรือ $e_0 = 0$ negative feedback path จะผ่าน D_2 ทำให้ลด negative output swing ถึง -0.7 volt และป้องกัน amplifier จาก saturate

จะเห็นได้ว่าแม้ e_i เป็น milli volt แต่เนื่องจาก high gain ของ operational amplifier ก็สามารถจะทำให้ e_i เท่ากับ e_0 เสมอได้ (gain = 1)

โดยการใส่ operational amplifier เข้าอีกชุดหนึ่ง half wave rectifier ก็สามารถจะ convert ไปเป็น full wave rectifier ได้ ดังรูปที่ 9



รูปที่ 9 PRECISION FULLWAVE RECTIFIER

half wave fectifier ต่ออยู่กับ inverting amplifier A_2 A_2 จะทำหน้าที่ sum half wave rectifier กับ input signal เพื่อให้ได้ full wave rectifier

เมื่อ input signal เป็น negative output ของ A_1 จะเป็น 0 ไม่มีกระแสไหลผ่าน R_3 output ของ A_2 จึงเป็น $-\frac{R7}{R6} E_{in}$

เมื่อ input signal เป็น possitive current ผ่าน R_3 และ R_6 ดังนั้น

$$E_0 = R_7 \left[\frac{Ein}{R_3} - \frac{Ein}{R_6} \right]$$

ถ้า $R_3 = \frac{1}{2} R_6$ output เป็น $\frac{R_7}{R_6} E_{in}$ ดังนั้น out put จะเป็น absolute value ของ input

โดยการใส่ capacitor C_1 จะเป็นการ filter หรือ average pulsating dc เพื่อให้ได้ pure dc ดังนั้น output ของ A_2 ที่ได้จะเป็นค่า average value ของ input, time constant ของ filter R_7C_1 จะต้องมากกว่า maximum period ของ input signal ตามรูป $\tau = 2.0$ sec ทำให้ converter นี้ accuracy 1% ระหว่าง 20–100 KHz

ค่า ac voltage ที่ต้องการอ่านจาก digital voltmeter นี้ ต้องการให้เป็นค่าของ rms value ดังนั้นเนื่องจากค่าของ form factor $= 1.1109 = \frac{\text{rms value}}{\text{ave. value}}$ จึงต้องทำ gain ของ A_2 ให้เท่ากับ 1.1109 จึงจะได้ค่า rms value

5. RESISTANCE MEASUREMENT

โดยอาศัย digital voltmeter เมื่อผ่าน constant current ที่รู้ค่าให้กับ resistor voltage ที่ตกคร่อม resistor จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับ resistor

เมื่อ R = unknown resistor

V = voltage developed by constant current source

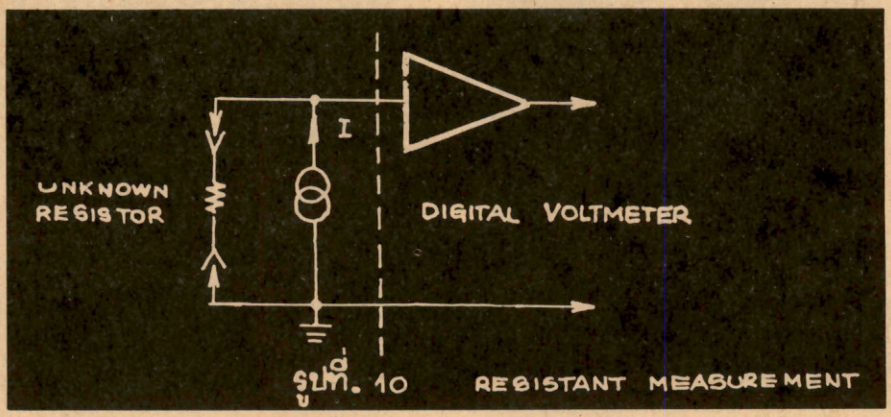
I = constant current

V = IR

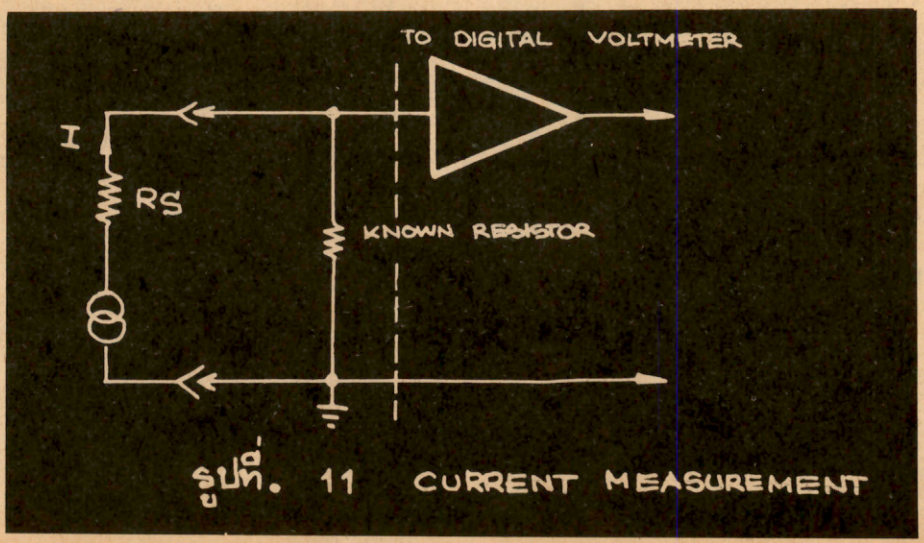
I = constant

$V \propto R$

ดังนั้นการวัด resistance โดยอาศัย digital voltmeter จึงมีลักษณะของ block diagram ดังรูปที่ 10.



รูปที่ 11. แสดงการวัดกระแสโดย digital voltmeter

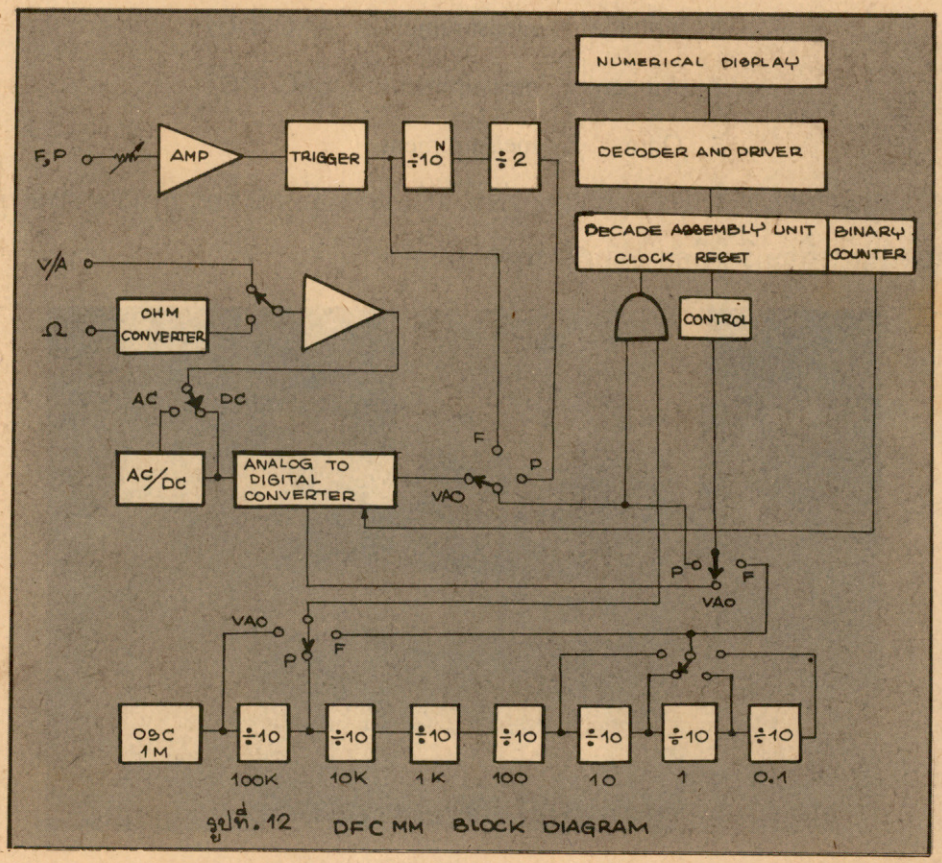


6. CURRENT MEASUREMENT

โดยอาศัย digital voltmeter เมื่อผ่านกระแสที่ต้องการวัดเข้าไปยัง resistor ที่รู้ค่า voltage ที่ตกคร่อม resistor ก็จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับกระแส

เมื่อ R = constant

$\therefore V \propto I$



รูปที่. 12 DFC MM BLOCK DIAGRAM

จากภาคต่าง ๆ ที่กล่าวมาแล้วนำมารวมกันเข้าก็จะเป็น block diagram ของวงจร digital frequency period counter และ multimeter ดังรูปที่ 12

จากที่ได้กล่าวถึงหลักการโดยสังเขปของ digital frequency period counter & multimeter และ เขียน block diagram ให้ดูนั้น จะเห็นได้ว่าถ้านำเอาหลักการที่กล่าวแล้วมาใช้ท่านก็สามารถจะสร้าง DFCMM นี้ไว้ใช้ได้เอง และทำได้ไม่ยากนัก โดยนำ integrated circuit ที่มีขายอยู่ตามท้องตลาดมาใช้แทน block diagram ข้างต้น (data ของ IC จะบอกหน้าที่ต่าง ๆ ของการใช้งานแต่ละเบอร์ไว้) เป็นต้นว่า

ภาค Counter & display อาจจะใช้ IC เบอร์ N 7490 เป็น decade counter

7448 เป็น BCD to seven segment decoder

read out DL 704

ภาค Trigger อาจใช้ IC เบอร์ N 7413 เป็น Schmitt trigger

ภาค AC/DC Converter อาจใช้ OP amp เบอร์ CM 301 ฯลฯ

CONCLUSION DFCMM เป็นเครื่องมือวัดที่สามารถจะใช้ได้อย่างคล่องตัว คือ สามารถจะใช้วัดทางไฟฟ้าได้ ดังนี้ 1 Frequency measurement

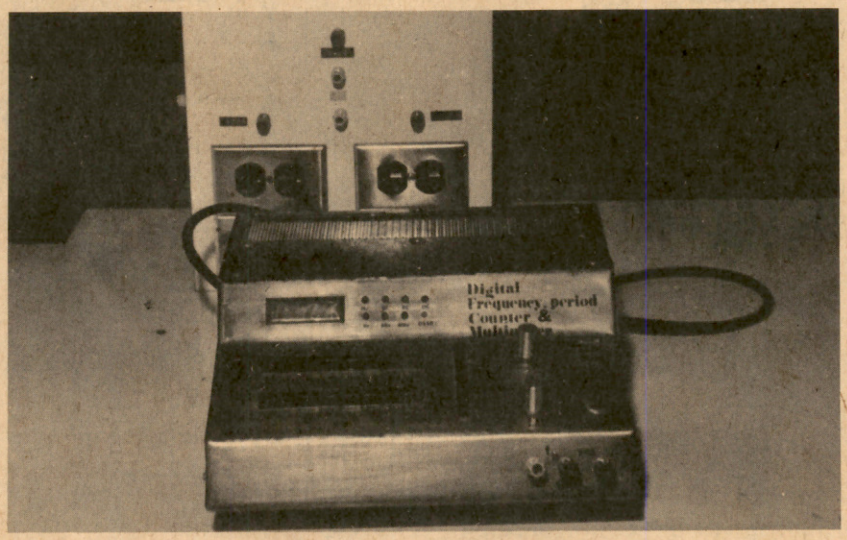
2 Period measurement

3 Voltage measurement (AC/DC)

4 Ampere measurement (AC/DC)

5 Ohm measurement

คุณภาพของเครื่องที่สร้างขึ้นเอง ทำได้ใกล้เคียงกับที่มีการซื้อขายในราคาแพงๆ จึงเป็นการประหยัดในการซื้อเครื่องมือมาใช้ในห้องทดลองอีกด้วย



Reference :

1 Clyde F Coomb s. Jr.
Basic Electronic Instrument Handbook
Mc – Graw – Hill Book Company

2 David F – Hoeschele Jr.
Analog to digital/Digital to Analog Conversion Technique
John Willey & Son.

3 Linear Integrated Circuit
National Semiconductor Application Books
National Semiconductor Coporation USA

4 Eric G. Breeze
Digital Display Systems
Fairchild Application

now that you have added more years to their lives ❋❋❋

help them add more life to their years with

GEVRINE*

Geriatric Vitamins-Minerals-Hormones Lederle

Capsules

☐ contributes beneficial androgen/estrogen supplementation *without* undue stimulation of the prostate gland ☐ assists in the prevention of asthenia, tissue atrophy and breakdown of bone matrix leading to osteoporosis ☐ provides the essential vitamins and minerals required for sound nutrition ☐ helps to retard organic and functional decline and to preserve the zest and capacity for youthful living

*Trademark

Lederle LEDERLE LABORATORIES • CYANAMID INTERNATIONAL CYANAMID

ผู้แทนจำหน่ายในประเทศไทย:
บริษัท เอฟ.อี.ซีลลิก (กรุงเทพฯ) จำกัด. 7 ถนนสีลม พระนคร โทร. 862890-9

--หลับสบาย ไร้กังวล--

น้ำยากำจัดยุงหิวไก่

ดื่ม Coca-Cola
เครื่องหมายการค้าจดทะเบียน

ดื่ม Coca-Cola
เครื่องหมายการค้าจดทะเบียน

ใช้ปากกาเขียนแบบ
stano·pen
เพื่อเพิ่มมาตรฐาน
ในการเขียนแบบ
(STANDARDGRAPH)

ผู้แทนจำหน่ายแต่ผู้เดียวในประเทศไทย

เจ๊บเซ่น & เจ๊ส์เซ่น
(ประเทศไทย) จำกัด

พลังงานแสงอาทิตย์

ดร. ปรีดา วิบูลย์สวัสดิ์
อาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

พลังงานกับมนุษยชาติ

ปัจจุบันจำนวนประชากรของโลกได้เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ความต้องการแม้แต่สิ่งที่จำเป็นขั้นพื้นฐานในการดำรงชีวิตอันได้แก่ อาหาร ที่อยู่อาศัย เครื่องนุ่งห่ม และยารักษาโรคก็เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วด้วย จนกระทั่งไม่อาจหาเอามาใช้ตามธรรมชาติได้เพียงพอ มนุษย์ได้อาศัยอุตสาหกรรมผลิตปัจจัยสี่และสิ่งอำนวยความสะดวกสบายอื่น ๆ เพื่อให้ทันกับความต้องการ อุตสาหกรรมก็ต้องการพลังงานจำนวนมากมาใช้ในการผลิต ความอยู่รอดของมนุษยชาติในปัจจุบันจึงขึ้นอยู่กับความสามารถของมนุษย์ ที่จะหาแหล่งพลังงานมาใช้ให้เพียงพอกับความต้องการ

ความจำเป็นของพลังงานแสงอาทิตย์

มนุษย์ได้อาศัยพลังงานแสงอาทิตย์ทางอ้อมมานานแล้ว เช่น *พลังงานลม* ซึ่งเกิดเพราะแสงอาทิตย์ทำให้ความหนาแน่นของอากาศต่างกันจึงเกิดการเคลื่อนที่ *พลังงานน้ำ* เกิดจากแสงอาทิตย์ ทำให้น้ำระเหยแล้วตกลงมากักขังในที่สูงจึงมีพลังงานศักย์ *เชื้อเพลิงธรรมชาติ* เช่นถ่านหินซึ่งเกิดจากไม้และไม้อาศัยพลังงานแสงอาทิตย์ในขบวนการสังเคราะห์แสง *น้ำมันและแก๊สธรรมชาติ*เกิดจากสิ่งมีชีวิตตายทับถมกันภายใต้ความดันเป็นระยะเวลานาน สิ่งมีชีวิตเหล่านั้นก็ได้อาศัยแสงอาทิตย์ในการเจริญเติบโต

แหล่งกำเนิดพลังงานสำคัญของโลกในปัจจุบันมีอยู่ 5 แหล่งตามตารางที่ 1[1]

จากตารางจะเห็นได้ว่า **ถ่านหิน ปิโตรเลี่ยมและแก๊สธรรมชาติจะถูกใช้หมดในระยะเวลาอันสั้น และแหล่งพลังงานทุกชนิดเว้นแต่กำลังน้ำ ทำให้เกิดสิ่งเป็นพิษแก่สภาพแวดล้อมไม่มากก็น้อย กำลังน้ำ ถึงแม้จะใช้ได้ตลอดไปแต่ก็มีขนาดพลังงานจำกัดไม่อาจเพิ่มขนาดตามความต้องการได้ มนุษย์จึงจำเป็นต้องมองหาแหล่งพลังงานใหญ่มาทดแทน**

พลังงานแสงอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงานที่ได้รับความสนใจมาก เพราะนอกจากจะให้พลังงานโดยไม่ก่อปัญหาเป็นพิษแก่สภาพแวดล้อมแล้ว โลกยังได้รับแสงอาทิตย์โดยไม่มีวันหมด หนึ่งตารางเมตรบนผิวโลกถ้าได้รับแสงอาทิตย์โดยตรงจะได้กำลังงานประมาณ 700–1000 วัตต์ ในเวลาหนึ่งปีโลกจะได้รับพลังงานจากแสงอาทิตย์ถึง 1500×10^{15} กิโลวัตต์-ชั่วโมง

ตารางที่ 1

แหล่งพลังงานและปริมาณที่เหลืออยู่	พ.ศ. ที่คาดว่าจะใช้หมด	
	อย่างเร็ว	อย่างช้า
ถ่านหิน $6,641,200 \times 10^6$ ตัน	2626	3043
ปิโตรเลียม $76,200 \times 10^6$ ตัน	2535	2643
แก๊สธรรมชาติ $49,900,000 \times 10^6$ ตัน	2537	2558
ยูเรเนียม 761,400 ตัน	ด้วยเทคโนโลยีนิวเคลียร์ปัจจุบันคาดว่าจะใช้หมดประมาณ พ.ศ. 2540 แต่ถ้าเทคโนโลยีก้าวหน้าไปจนใช้วิธีของนิวเคลียร์ฟิวชันได้ เชื้อเพลิงดิวเทอเรียมจะมีอยู่มากไม่จำกัด	
กำลังน้ำ	ขนาดของพลังงานที่ได้จากพลังน้ำในโลกมีจำกัด แต่จะใช้ไปได้เรื่อยไม่มีวันหมด	

ยิ่งไปกว่านั้น ประเทศที่ด้อยพัฒนาส่วนใหญ่อยู่ในบริเวณที่ได้รับแสงอาทิตย์มาก ประมาณวันละ 4.65 – 5.70 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตร พลังงานจากแสงอาทิตย์อาจจะช่วยให้ประเทศด้อยพัฒนาไม่ต้องแบกภาระใช้เงินตราต่างประเทศที่หายากซื้อน้ำมัน ซึ่งราคากำลังเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ประเทศไทยก็อยู่ในกลุ่มประเทศเหล่านี้ด้วย

ปัญหาในการพัฒนาพลังงานแสงอาทิตย์

ปัญหาสำคัญมีอยู่ 3 ประการ คือ

ประการแรก แสงอาทิตย์มิได้มีอยู่ตลอดเวลา จำเป็นต้องหาวิธีเก็บพลังงานไว้ใช้ในเวลากลางคืนหรือเวลาที่อากาศเลวไม่มีแสงอาทิตย์

ประการที่สอง ถึงแม้ปริมาณของพลังงานแสงอาทิตย์ที่โลกได้รับจะมาก แต่ก็กระจายไปบนพื้นที่กว้าง จำเป็นต้องหาวิธีรับและเปลี่ยนรูปไปให้ใช้งานได้สะดวก เช่น ในรูปพลังงานความร้อนหรือไฟฟ้า

ประการที่สาม การแก้ปัญหาในสองประการแรกอาจจะไม่เกินความสามารถของเทคโนโลยีปัจจุบัน แต่การแก้ปัญหามักจะเกี่ยวข้องกับการใช้วัสดุที่มีราคา เช่น การใช้แผ่น

โลหะดูดแสงอาทิตย์เพื่อเปลี่ยนพลังงานความร้อน หรือใช้เซมิคอนดัคเตอร์เปลี่ยนแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้า การพัฒนาอุปกรณ์ที่ใช้แสงอาทิตย์นั้น จึงไม่อยู่ที่การสร้างอุปกรณ์ให้ทำงานตามจุดประสงค์เท่านั้น แต่อุปกรณ์ที่สร้างขึ้นมาต้องมีราคาถูกพอที่จะแข่งขันกับอุปกรณ์ที่ใช้พลังงานรูปอื่นได้

การนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้งาน[2]

มีการนำมาใช้โดยตรงในรูปของความร้อน และการนำมาเปลี่ยนเป็นพลังงานรูปอื่น ซึ่งพอจะสรุปได้ดังนี้

ก. การใช้ความร้อนจากแสงอาทิตย์โดยตรง

1. การทำน้ำร้อน เพื่อใช้ซักล้างภายในอาคาร
2. การอบให้แห้ง (drying) ใช้ทั้งในอุตสาหกรรมและเกษตรกรรม
3. การกลั่นน้ำ เพื่อทำน้ำไม่บริสุทธิ์ หรือน้ำทะเล ให้เป็นน้ำบริสุทธิ์
4. การทำความอบอุ่นภายในอาคาร
5. การทำความเย็นโดยการแผ่รังสีแบบธรรมชาติ เพื่อใช้ทำปรับอากาศภายในอาคารหรือทำความเย็น
6. การหุงต้ม
7. เตาอุณหภูมิสูง เพื่อใช้ในงานวิจัย ผลิตสารเคมี ทำอิฐหลอมโลหะ และในขบวนอุตสาหกรรมต่าง ๆ
8. เรือนต้นไม้ (green house)

ข. การใช้โดยเปลี่ยนรูปพลังงานในอุปกรณ์ขนาดเล็ก

1. เครื่องยนต์ความร้อน (heat engines) เพื่อใช้สูบน้ำ และในระบบทำความเย็น
2. แบตตารีแสงอาทิตย์ (solar cells) เพื่อใช้ในอุปกรณ์โทรคมนาคม ประภาคาร และดาวเทียม

ค. การใช้โดยเปลี่ยนรูปพลังงานในระบบขนาดใหญ่

1. การแยกน้ำเพื่อผลิตไฮโดรเย็นเป็นเชื้อเพลิง
2. การรับแสงอาทิตย์ในอวกาศโดยใช้ระบบดาวเทียม แบตตารีแสงอาทิตย์เปลี่ยนเป็นไฟฟ้า แล้วส่งกลับมาบนผิวโลกในรูปของแสงเลเซอร์
3. ฟาร์มแสงอาทิตย์ (solar farms) โดยใช้พื้นที่กว้างบนผิวโลกรับแสงอาทิตย์แล้วเปลี่ยนพลังงานความร้อนเป็นไฟฟ้า ในระบบขนาดใหญ่

ง. ระบบที่ใช้การสังเคราะห์แสง หรือขบวนเคมีอื่น ๆ

1. ผลิตสารอินทรีย์เพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงโดยตรงจากการสังเคราะห์ ได้แก่การปลูกป่า หญ้า สาหร่าย เป็นต้น
2. การเปลี่ยนทางชีวภาพสารอินทรีย์เป็นมีเธน
3. ไพโรลิซิส (pyrolysis) ของสารอินทรีย์เป็นเชื้อเพลิง แก๊สเหลว และแข็ง
4. รีดักชั่นของสารอินทรีย์เป็นน้ำมัน

จ. ระบบที่ใช้น้ำและลมตามธรรมชาติ

1. การผลิตกระแสไฟฟ้าพลังน้ำ
2. กังหันลม
3. การใช้ความแตกต่างของอุณหภูมิน้ำในมหาสมุทรผลิตกำลัง

การใช้ความร้อนจากแสงอาทิตย์โดยตรงในอุปกรณ์ขนาดเล็ก[3,4]

การใช้พลังงานแสงอาทิตย์ลักษณะนี้ เป็นที่สนใจมากแก่ประเทศที่ด้อยพัฒนา ทั้งนี้เพราะ

1. ความต้องการพลังงานความร้อนเพิ่มขึ้นตลอดเวลา ทั้งการใช้ภายในอาคาร เช่น การซักล้าง หุงต้ม และใช้ในอุตสาหกรรม เช่น การผลิต อิฐ เครื่องปั้น ดินเผา การอบให้แห้ง เป็นต้น เท่าที่ผ่านมา พลังงานความร้อนได้มาจากการตัดต้นไม้ในป่ามาทำฟืน การทำลายป่าทำให้เกิดความแห้งแล้ง และเกิดทะเลทรายในที่สุด นอกจากนี้ พลังงานความร้อนก็ได้มาจากน้ำมัน ซึ่งประเทศด้อยพัฒนาส่วนใหญ่ต้องสั่งมาจากต่างประเทศ ก่อให้เกิดปัญหาทางเศรษฐกิจและสภาพแวดล้อมเป็นพิษ
2. เทคโนโลยีของการใช้แสงอาทิตย์ในลักษณะนี้ ได้ก้าวหน้าไปมากพอ ได้มีการวิจัยพัฒนา ทดสอบต้นแบบ และผลิตอุปกรณ์จำนวนมากมาใช้แล้วในประเทศต่าง ๆ

เทคนิคในการสร้าง ผลทางเศรษฐกิจและปัญหาของอุปกรณ์ที่ใช้ความร้อนจากแสงอาทิตย์โดยตรง ที่น่าสนใจมีดังต่อไปนี้

ก. เครื่องทำน้ำร้อน

ได้มีการค้นคว้าและพัฒนามากที่สุดในบรรดาอุปกรณ์ที่ใช้แสงอาทิตย์ และได้มีการผลิตออกสู่ตลาดแล้วในหลายประเทศ เช่น ออสเตรเลีย อิสราเอล ญี่ปุ่น สหรัฐ โซเวียต คานาดา เป็นต้น ทั้งนี้เพราะเครื่องทำน้ำร้อน ใช้งานได้กว้างมาก ตั้งแต่ระบบขนาดเล็กที่ใช้ในบ้าน จนถึงระบบขนาดใหญ่ ซึ่งอาจใช้ในร้านอาหาร โรงแรม โรงพยาบาล โรงเรียน ฯลฯ

เครื่องทำน้ำร้อนมีชิ้นส่วนหลัก คือ แผ่นโลหะราบทาผิวดำเพื่อดูดรังสีความร้อนจากแสงอาทิตย์ แล้วส่งความร้อนให้กับน้ำในท่อที่ติดอยู่บนแผ่นโลหะ ด้านหน้ามีกระจกใสอยู่เหนือแผ่นโลหะประมาณ 20 มม. ด้านข้างและด้านหลังมีฉนวนความร้อน น้ำร้อนไหลขึ้นสู่ถังเก็บโดยการพาความร้อนแบบธรรมชาติ แผ่นโลหะอาจทำด้วยทองแดง ซึ่งนำความร้อนดีและทนทานแต่ราคาสูง หรือทำด้วยแผ่นเหล็กชุบสังกะสี ซึ่งราคาถูกแต่ผุเร็วและนำความร้อนได้ไม่ค่อยดี หรือทำด้วยแผ่นอลูมิเนียม ซึ่งมีราคาไม่แพง และนำความร้อนดี แต่อาจมีปัญหาการเชื่อม

ขบวนการผลิตเกี่ยวข้องกับการตัด พับ เชื่อม ปรับงานไม้ ทาสี ซึ่งประเทศด้อยพัฒนาก็สามารถทำได้ โดยทั่วไปเครื่องทำน้ำร้อนขนาด 1 ตารางเมตร ให้น้ำวันละประมาณ 80–100 ลิตร ที่ 60° ซ. จะมีราคาผลิตชุดละประมาณ 4,000.– บาท สจ. ธนบุรีกำลังทำการทดลองหาข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพและราคาของเครื่องทำน้ำร้อนซึ่งสร้างแล้วโดยใช้แผ่นทองแดง แผ่นอลูมิเนียม และแผ่นเหล็กชุบสังกะสี

ทางด้านเศรษฐกิจ ถ้าพิจารณาโดยคร่าว ๆ การทำน้ำร้อนโดยแสงอาทิตย์ประหยัดกว่าการทำน้ำร้อนด้วยไฟฟ้า แต่แพงกว่าการใช้แก๊สหรือน้ำมัน

ข. เตาหุงต้ม

มีสองประเภท ประเภทแรกใช้แผ่นโลหะราบเป็นตัวดูดรังสีความร้อนจากแสงอาทิตย์ โดยมีหลักการเดียวกับเครื่องทำน้ำร้อน แต่ใช้ท่อน้ำเพียงท่อเดียว เพื่อผลิตไอน้ำที่อุณหภูมิ 100–120 °ซ. อีกประเภทหนึ่งใช้โลหะหรือกระจกโค้งรูปพาราโบล่า สะท้อนแสงมารวมเป็นจุดซึ่งจะให้อุณหภูมิสูงกว่า 400 °ซ

เตาหุงต้มขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1–2 เมตร ให้กำลัง 0.5 - 2 กิโลวัตต์ สามารถผลิตในประเทศด้อยพัฒนาได้ไม่ยาก เพราะเกี่ยวข้องกับงานช่างขั้นพื้นฐานเช่นเดียวกับเครื่องทำน้ำร้อน เตาขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 เมตร จะมีราคาผลิตประมาณ 600 บาท ซึ่งนับว่าไม่สูงนัก แต่ปรากฏว่าการทดลองให้ประชาชนใช้ในประเทศอินเดีย และเม็กซิโก ไม่ประสบผลสำเร็จ ทั้งนี้เพราะเหตุผลหลายประการ เช่น ใช้ทำอาหารมื้อเช้าไม่ค่อยได้ ส่วนอาหารมื้อเย็นก็ต้องทำในขณะที่ยังมีแสงอาทิตย์อยู่ ซึ่งมักก่อนเวลารับประทานนานจนกระทั่งอาหารไม่ร้อนนอกจากนี้ตามชนบทยังหาเศษไม้มาทำฟืนหุงต้มไม่ยาก ถึงแม้จะต้องซื้อฟืนก็ยังค่อย ๆ จ่ายทีละน้อย แต่หากซื้อเตาหุงต้มแสงอาทิตย์ จะต้องลงทุนครั้งเดียวมาก

อย่างไรก็ตามหากพิจารณาปัญหาที่เกิดจากการที่ป่าถูกทำลายเพื่อมาทำฟืน ก็ยังน่าที่จะสนับสนุนให้ชาวชนบทของประเทศด้อยพัฒนาใช้เตาหุงต้มด้วยแสงอาทิตย์

ค. เครื่องกลั่นน้ำ

การใช้แสงอาทิตย์กลั่นน้ำได้ทำมากว่าร้อยปีแล้ว เช่น ในประเทศ ชิลี ได้สร้างโรงกลั่นน้ำจากแสงอาทิตย์ขนาดใหญ่ ในปี 1872 หลักการที่ใช้ในปัจจุบันก็ยังคงเหมือนเดิม คือ ประกอบด้วยอ่างตื้นๆ ทำด้วย แผ่นโลหะ โบกปูน หรือปลาสติกเสริมใยแก้วพื้นทาสีดำ เพื่อดูดรังสีความร้อน ด้านบนมีแผ่นกระจก หรือปลาสติกวางเอียงเป็นมุม ด้านข้างและใต้อ่างมีฉนวนความร้อนกั้นอยู่ น้ำสกปรก หรือ น้ำทะเล ที่มีระดับตื้นๆ ในอ่างจะระเหยมากลั่นตัวใต้กระจก แล้วไหลตามทางลาดมาลงรางที่ขอบกระจกด้านต่ำ ในบริเวณที่ได้รับแสงอาทิตย์ดีอาจกลั่นน้ำได้วันละ 3–4 ลิตร ต่อพื้นที่อ่าง 1 ตารางเมตร

การกลั่นน้ำโดยแสงอาทิตย์นั้นนำไปใช้ประโยชน์ได้สองลักษณะ คือ ใช้ทำน้ำดื่มจากน้ำไม่สะอาดหรือน้ำทะเล สำหรับชุมนุมชนที่ไม่อาจหาน้ำดื่มโดยวิธีอื่นได้ ด้วยเหตุผล เช่น มีฝนตกน้อย ค่าขนส่งน้ำจากแหล่งอื่นสูง เป็นต้น ประโยชน์อีกลักษณะหนึ่ง คือ ใช้ทำน้ำกลั่นสำหรับ อุตสาหกรรมเคมี โรงพยาบาล แบตตารี และอุตสาหกรรมอื่นๆ ที่ต้องการน้ำบริสุทธิ์เครื่องกลั่นในงานประเภทนี้ต้องมีคุณภาพสูง

ราคาในการผลิตเครื่องกลั่นน้ำที่ทำกันแล้วอยู่ระหว่าง 400–600 บาท ต่อ ตารางเมตรของพื้นอ่าง ข้อที่ต่างกับอุปกรณ์ประเภทอื่นคือ ราคาผลิตต่อตารางเมตร ไม่ลดลงเมื่อระบบใหญ่ขึ้น

ง. การอบแห้ง

การใช้แสงอาทิตย์ตากผลิตผลทางเกษตรกรรมและอุตสาหกรรมให้แห้งนั้น ได้ทำกันมาตั้งแต่สมัยโบราณ วิธีที่ใช้ถึงแม้จะถูกแต่ขาดความสะอาด และการควบคุมคุณภาพของผลิตผลทำได้ยาก การใช้เทคโนโลยีสมัยใหม่อาจช่วยแก้ปัญหาดังกล่าวได้ เช่น การใช้แสงอาทิตย์มาทำอากาศร้อน เพื่อนำไปใช้อบแห้งต่อไป อีกวิธีหนึ่ง คือ วางสิ่งที่ต้องการอบแห้งในกล่องที่ด้านบนเป็นกระจก หรือ ปลาสติกใส

ปัญหาในการอบแห้งนั้น ขึ้นอยู่กับสิ่งที่ต้องการอบให้แห้ง ในประเทศด้อยพัฒนาสิ่งที่ต้องการอบให้แห้งส่วนมากเป็นผลิตผลทางเกษตรกรรม ฉะนั้นผลงานวิจัยในประเทศที่พัฒนาแล้วอาจจะนำมาประยุกต์ไม่ได้ดี ประเทศที่ด้อยพัฒนาจึงควรทำการวิจัยและพัฒนาการอบแห้งด้วยแสงอาทิตย์ด้วยตนเอง

สรุปสภาพการพัฒนาพลังงานแสงอาทิตย์

ผู้ที่สนใจจะค้นคว้าและพัฒนาพลังงานแสงอาทิตย์ ควรจะรู้ว่าการวิจัยและพัฒนาในระบบต่างๆ ได้ทำไปแล้วถึงขั้นใด ซึ่งพอจะสรุปได้ดังตารางที่ 2

ระบบที่ใช้งาน	การวิจัย	การพัฒนา	การทดสอบระบบ	การสร้างต้นแบบ	การผลิตสู่ตลาด
ระบบที่ใช้ความร้อนโดยตรง					
เครื่องทำน้ำร้อน น้ำกลั่น เตาหุงต้ม	✓	✓	✓	✓	✓
การอบแห้ง	✓	✓	✓		
เครื่องทำความเย็น	✓	✓	✓		
ระบบทำความอบอุ่นในอาคาร	✓	✓	✓		
ระบบทำความเย็นภายในอาคาร	✓	✓			
ระบบทำความอบอุ่นและความเย็นในอาคารรวมกัน	✓	✓			
การผลิตเชื้อเพลิง					
การเผาไหม้ของสารอินทรีย์	✓	✓	✓	✓	
การเปลี่ยนทางชีวภาพของสารอินทรีย์เป็นมีเธน	✓	✓	✓	✓	
ไพโรลิซิสของสารอินทรีย์เป็นเชื้อเพลิงแกสเหลวและแข็ง	✓	✓	✓	✓	
รีดักชั่นสารอินทรีย์เป็นน้ำมัน	✓	✓	✓		
การผลิตไฟฟ้ากำลัง					
เปลี่ยนจากความร้อน	✓				
แบตตารีแสงอาทิตย์	✓	✓			
พลังงานลม	✓	✓	✓		
ความแตกต่างของอุณหภูมิในมหาสมุทร	✓	✓	✓		

เอกสารอ้างอิง

1. H. Lustig, Our dwindling energy resources, UNESCO Courier, Jan. 1974
2. H. Lustig, Solar energy : the state of art, UNESCO report SC/WS/575, Feb. 1974.
3. A. Moumouni, Small and medium scale applications of solar energy, UNESCO report SC 73/conf. 801/1, June 1973.
4. H. Tabor, Solar energy for developing countries, UNESCO report SC 73/Conf. 801/2, June 1973.
5. An assessment of solar energy as a national energy resources, NSF/NASA solar energy panel, Dec. 1972,

ด้วยอภินันทนาการ

จาก

บริษัทอุตสาหกรรมกระดาษกรุงธนจำกัด

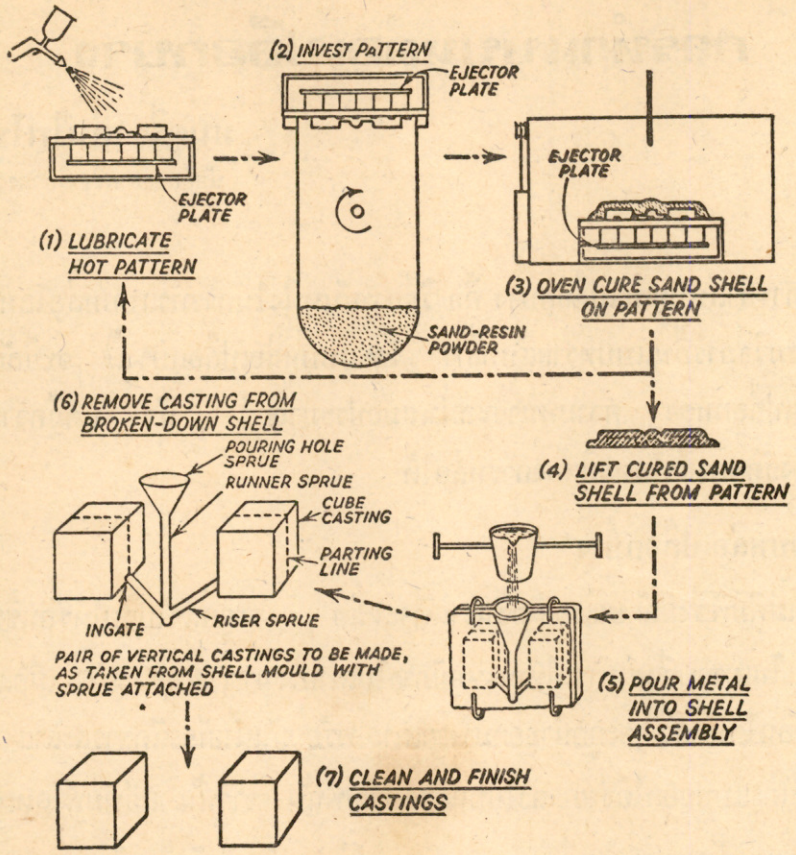
SHELL MOLDING
การทำแบบหล่อเปลือกบาง

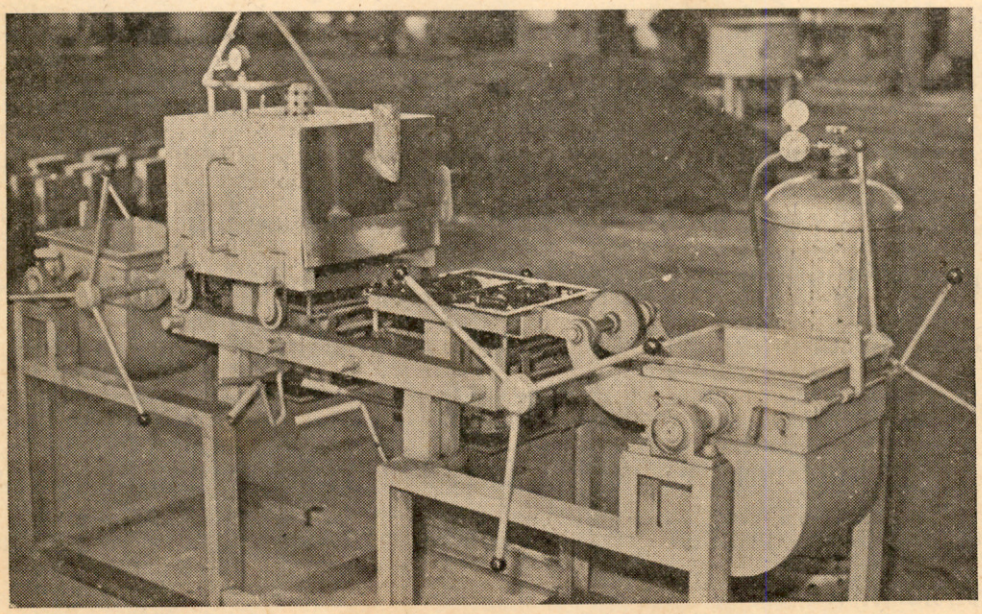
มนตรี เด่นไพโรจน์ศักดิ์
นักศึกษาภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

การทำแบบหล่อเปลือกบาง คือ วิธีการอันหนึ่งในการทำแบบหล่อโลหะ โดยไม่ต้องใช้กรรมวิธีการปั้นแบบทรายแบบเก่า โดยแบบหล่อเปลือกบางนี้ จะมีลักษณะบางลักษณะคล้ายเปลือกหอย ความหนาจะสม่ำเสมอประมาณ $\frac{1}{4}-\frac{3}{8}$ นิ้ว แต่มีความแข็งแรงพอที่จะรับแรงอัดของน้ำโลหะที่ต้องการหล่อได้

วิธีการทำแบบหล่อเปลือกบาง

แม่พิมพ์ซึ่งมีลักษณะคล้ายชิ้นงานที่จะหล่อ จะถูกนำไปอบให้ร้อนขึ้นประมาณ 180–250° C ในเตาอบซึ่งสามารถให้อุณหภูมิภายในเตาประมาณ 300–400°C เมื่อแม่พิมพ์ซึ่งทำด้วยโลหะร้อนได้ที่แล้ว จะถูกนำออกมาจากเตา พร้อมกันนั้นก็จะฉีดสารละลาย ซึ่งใช้เป็นตัวหล่อลื่นให้แกะแบบออกได้ง่าย ลงไปบนผิวแม่พิมพ์นั้น จากนั้น แม่พิมพ์โลหะอันนี้จะถูกคว่ำให้ครอบลงบนถังบรรจุทรายซึ่งสามารถพลิกคว่ำได้ ภายในถังอันนี้จะมีผงทรายแห้งละเอียดซึ่งได้ผสมสารพลาสติกจำพวก Thermosetting resin ไว้แล้ว ซึ่งทรายเหล่านี้เองจะเป็นตัวที่จะทำให้เกิดแบบหล่อเปลือกบางขึ้น ทำการพลิกถังให้คว่ำลง ทรายผสม resin เหล่านั้นก็จะตกไปบนแม่พิมพ์โลหะซึ่งมีความร้อน เวลา 15–20 วินาทีต่อมา resin ซึ่งได้รับความร้อนซึ่งส่งถ่ายจากแม่พิมพ์โลหะก็จะจับตัวเข้า และยึดเกาะเม็ดทรายเล็ก ๆ เข้าด้วยกัน ทำให้เกิดเป็นชั้นทรายบาง ๆ ประมาณ $\frac{1}{4}-\frac{3}{8}$ นิ้ว จับกันเป็นแผ่นหุ้มแม่พิมพ์นั้นไว้ ทำการพลิกถังให้กลับมาอยู่ในตำแหน่งเดิม ทรายซึ่งยังไม่ได้รับความร้อนและยังไม่จับตัวก็จะหล่นลงสู่ก้นถังอย่างเดิม พลิกแม่พิมพ์โลหะขึ้น ชั้นทรายบาง ๆ ที่จับตัวกันยังไม่สมบูรณ์พอ จึงต้องนำแม่พิมพ์ซึ่งมีชั้นทรายบาง ๆ นี้ไปอบในเตาอีกทีให้ความร้อนแผ่ไปทั่วชั้นทราย ดังนั้นชั้นทรายบาง ๆ ที่จับอยู่นั้นจะจับตัวแข็งอย่างสมบูรณ์ มีความแข็งแกร่งเพียงพอ จึงทำการลอกแกะแผ่นทรายบาง ๆ ที่หุ้มแม่พิมพ์นี้ออก ก็จะได้แบบหล่อเปลือกบางหนึ่งชั้น เป็นอันเสร็จสิ้นขั้นตอนของขบวนการทำ


(2) INVEST PATTERN
EJECTOR PLATE
EJECTOR PLATE
(1) LUBRICATE HOT PATTERN
EJECTOR PLATE
(3) OVEN CURE SAND SHELL ON PATTERN
SAND-RESIN POWDER
(6) REMOVE CASTING FROM BROKEN-DOWN SHELL
POURING HOLE SPRUE
RUNNER SPRUE
CUBE CASTING
PARTING LINE
INGATE
RISER SPRUE
PAIR OF VERTICAL CASTINGS TO BE MADE, AS TAKEN FROM SHELL MOULD WITH SPRUE ATTACHED
(4) LIFT CURED SAND SHELL FROM PATTERN
(5) POUR METAL INTO SHELL ASSEMBLY
(7) CLEAN AND FINISH CASTINGS



แบบหล่อเปลือกบางนี้ จะออกแบบแม่พิมพ์โลหะ ซึ่งมีแม่แบบชิ้นงานหล่อวางอยู่ในตำแหน่งซึ่งสมมาตรกัน ดังนั้นจึงสามารถนำแบบหล่อเปลือก 2 แผ่นมาทากาวแล้วประกบกัน ทำให้เกิดเป็นโพรงช่องว่าง เป็นลักษณะชิ้นงานจริง จึงพร้อมที่จะนำไปรองรับการเทน้ำโลหะได้

เครื่องทำแบบหล่อเปลือกบางที่แสดงในภาพ เป็น Project ที่สร้างโดย นศ. ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ เมื่อปี 2516 แบ่งเป็นส่วนสำคัญออกเป็น 3 ส่วน ซึ่งแต่ละส่วนสามารถถอดออกแล้วประกอบกลับได้ เพื่อสะดวกในการเคลื่อนย้าย ส่วนสำคัญทั้งสามคือ

1) ส่วนฐานเครื่อง มีความกว้าง 32″ สูง 32″ ยาวทั้งสิ้น 89″

2) ส่วนที่เป็นถังใส่ทราย ขนาดปากถัง 12″ × 14″ ลึก 16″ มีกรอบเหล็กซึ่งจะยึดแม่พิมพ์แบบงานขนาด 12″ × 14″ ได้ ถังใส่ทรายสามารถหมุนพลิกได้รอบ โดยติดตั้งอยู่กับลูกบืน ยึดติดกับส่วนฐานเครื่อง

3) ส่วนที่เป็นเตาอบแบบ มีล้อเลื่อนไปมาได้บนรางเหล็ก ใช้เชื้อเพลิงเป็นแก๊สหุงต้ม

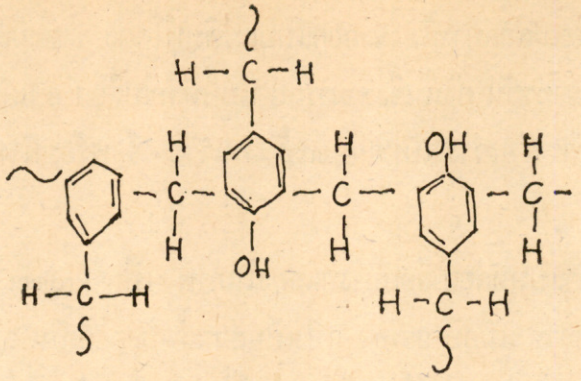
เครื่องทำแบบหล่อเปลือกบางเครื่องนี้ ออกแบบไว้ให้สามารถทำงานด้วยแม่พิมพ์แบบ 2 อัน มีถังใส่ทราย 2 อัน ดังนั้นจึงสามารถทำงานต่อเนื่องกัน โดยไม่ต้องหยุดคอย เพราะเตาอบสามารถเลื่อนไปมา อบแบบทั้งสองข้างได้ตลอดการทำงาน สามารถกำจัดเวลาหยุดคอย (Idle Time) ของวัฏจักรการผลิตได้มาก (Production Cycle) จากการปฏิบัติงาน สามารถทำแบบได้ชั่วโมงละ 15–20 แบบ จัดว่ามีประสิทธิภาพสูงพอควร

ทรายสำหรับใช้ในขบวนการผลิต

ทรายที่ใช้เป็นทราย ซิลิก้า สีขาวละเอียด นิยมเลือกใช้ทรายที่มีลักษณะเม็ดค่อนข้างกลม มีสิ่งเจือปนจำนวนสารอินทรีย์น้อย และจะต้องมีดินปนอยู่ไม่เกิน 1% ความละเอียดของเม็ดทรายประมาณ Mesh No. 100–150 ถ้าเลือกใช้ทรายที่ค่อนข้างหยาบก็จะให้ความแข็งแรงในตัวแบบมาก แต่ผิวจะไม่เรียบ ถ้าเลือกทรายที่ค่อนข้างละเอียด ก็จะได้ผิวแบบซึ่งเรียบร้อยดี แต่จะไม่ค่อยแข็งแรง

ตัวประสานเม็ดทราย

เป็นสารสังเคราะห์จำพวก Thermosetting resin นิยมใช้กันมากคือจำพวก Phenol–Formaldehyde Resin ชื่อทางการค้ามักเรียก phenolics ผลิตจากกรรมวิธี ปฏิกริยา

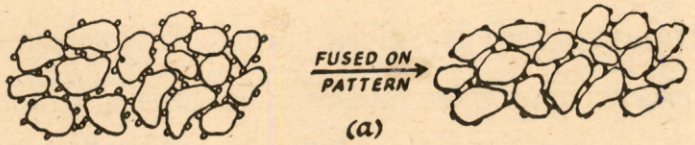


เคมีของ carbolic acid และ formaldehyde โดยมีสาร catalyst บางตัวช่วยเร่งปฏิกริยา

ในการใช้งาน Resin นี้จะถูกนำไปผสมกับทราย 2 วิธี คือ

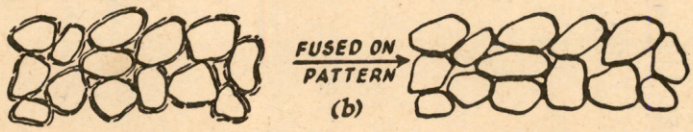
1) ใช้ในรูปผงละเอียด ผสมกับ Hexamine ซึ่งเป็นตัวเร่ง เคลือบฉาบผิวเม็ดทรายไว้โดยรอบ หรือนำไปละลายในแอลกอฮอล์ เป็นสารละลายแล้วไปเคลือบฉาบผิวเม็ดทรายไว้ เรียกวิธีนี้ว่า "Precoat The Sand" (ดูรูปล่าง)

2) ใช้ในรูปผงละเอียดผสมแห้งๆ กับเม็ดทราย (ดูรูป) แต่วิธีนี้ไม่ค่อยนิยมทำกันแล้ว เพราะภายหลังจาก resin แข็งตัวแล้ว การจับเกาะเม็ดทรายจะไม่ดีเท่าที่ควรดังรูป ยังมีตัวประสานอื่นๆ ซึ่งใช้ทำทรายทำแบบหล่อเปลือกได้ เช่น Urea Formaldehyde ซึ่งเหมาะกับงานหล่อพวก non ferrous เท่านั้น นอกนั้นยังมีพวก Alkydes และ Polyesters เป็นต้น



Investment of sand/powdered resin blend showing separating effect of resin particles

After fusing; individual resin bonds narrow with appreciable resin wastage



Investment of precoated sand showing close packing of sand

After fusing; individual resin bonds comparatively broad (although resin wastage still significant on non-contacting surfaces)

น้ำยาหล่อลื่นแม่แบบโลหะ (Pattern)

ในการหล่อลื่นแม่แบบโลหะนั้น จุดประสงค์เพื่อให้เราแกะแบบเปลือกทรายบางๆ ออกจากแม่แบบได้ง่าย ในสมัยก่อน มีการใช้พวก ขี้ผึ้ง จารบี น้ำมันต่างๆ แต่ปัจจุบันนี้เราใช้ สารสังเคราะห์พวก Silicone resin ซึ่งดีกว่าวิธีก่อนๆ ในแง่ที่ว่า น้ำยาพวกนี้ทนความร้อนได้สูง ไม่ค่อยเผาไหม้ไฟเมื่อถูกความร้อน ดังนั้น เมื่อพ่นน้ำยาเหล่านี้เคลือบแม่พิมพ์แล้ว สามารถใช้งานได้หลายๆ ครั้ง จนกว่าจะถูกซึมซับโดยทรายไปหมดแล้ว จึงพ่นใหม่ น้ำยา Silicone Resin นี้ สามารถละลายน้ำได้ นิยมใช้โดยละลายในน้ำ โดยใช้น้ำยา 5–10%

อุณหภูมิของเตาอบแบบ และ ตัวแม่แบบโลหะ (Pattern)

การทำงานทั่วไป ตัวแม่แบบจะมีอุณหภูมิประมาณ 180–250°C และเตามีอุณหภูมิ 300–600°C

อุณหภูมิของตัวแม่แบบ จะเป็นตัวควบคุมความหนาของแบบหล่อเปลือกที่ได้ ยกตัวอย่างเช่น ที่อุณหภูมิ 180°C จะให้แบบเปลือกหนา $\frac{1}{4}$" ใช้เวลา 20–25 วินาที ในขณะที่อุณหภูมิ 250°C ใช้เวลา 10 วินาที

อุณหภูมิของเตาจะเป็นตัวควบคุมอัตราเร็วในการอบแบบเปลือกที่ได้ เช่นที่ 300°C ใช้เวลาอบแบบให้แข็งได้ที่ในเวลาประมาณ 2 นาที หรือที่อุณหภูมิ 500°C ใช้เวลาเพียงครึ่งนาที เป็นต้น

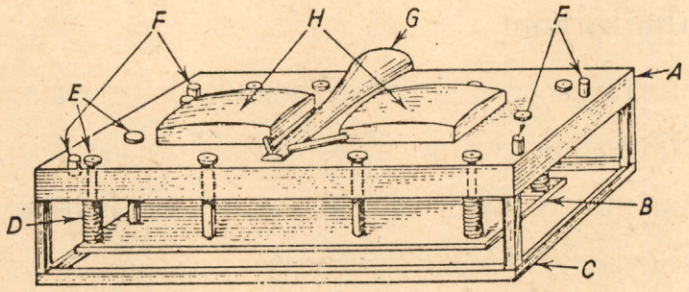
ความร้อนของเตาอบที่ถ่ายให้กับแบบจะเป็นการแผ่รังสีความร้อน

เครื่องมือที่ใช้ช่วยในการทำแบบ

ในการทำความสะอาดแม่แบบ เราอาจใช้แปรงลวดอ่อนๆ ช่วยปัดทำความสะอาด หรือจะให้ดีเราควรใช้ลมอัดฉีดพ่นกำจัดฝุ่น หรือสิ่งสกปรกที่จับผิวแม่แบบออก ในการแกะแบบเปลือกออกจากแม่แบบ เราใช้มีดบางๆ ช่วยในการแกะ เมื่อต้องการจะนำแบบเปลือกบางๆ ที่ถูกแกะออกไป เราจะใช้อุปกรณ์ที่ทำคล้ายตระแกรงปิ้งปลามีด้ามถือช่วยในการพาแบบเปลือกร้อนๆ ไปเก็บวางไว้ให้เย็นตัวลง การประกบแบบเปลือกเข้าด้วยกัน ก่อนเทน้ำโลหะจะทำการทาด้วยกาวลาเท็ก หรือกาวแห้งเร็วอื่นๆ โดยมีกิ๊บหนีบหลายๆ อัน ช่วยบีบให้ติดแน่นกระชับกัน

การออกแบบสร้างตัวแม่แบบ (Pattern)

โดยมาก ตัวแม่แบบสำหรับทำแบบหล่อเปลือกบาง นิยมทำด้วยเหล็กหล่อ ทองเหลือง, บรอนซ์, เหล็กเหนียว, อลูมิเนียม หรือโลหะอื่นๆ ซึ่งมีอัตราการขยายตัวเมื่อรับความร้อนน้อย ซึ่งจำเป็นอย่างยิ่ง เพราะจะทำให้อัตราการคลาดเคลื่อนของขนาดงานหล่อมีน้อยลง การที่จะเลือกใช้โลหะใดในการทำ ขึ้นอยู่กับการใช้งานมากน้อยเพียงใด และความสะดวกในการสร้าง ยกตัวอย่างเช่น เหล็กหล่อซึ่งนิยมใช้กันมาก มีราคาถูก ตกแต่งง่าย มีความจุความร้อนสูง มีความแข็ง ต้านทานการสึกหรอได้ดี มีอายุการใช้งานได้นาน ในขณะที่ อลูมิเนียมมีราคาพอควร ตกแต่งได้ง่าย มีการนำความร้อนสูง แต่ความต้านทานต่อการสึกหรอน้อย และการใช้งานไม่นานนัก ชิ้นส่วนของแม่แบบและส่วนของรูเทน้ำโลหะ (Pouring Hole) จะถูกยึดติดอยู่บนเหล็กแผ่น Pattern Plate ซึ่งโดยทั่วไปใช้ความหนาครึ่งนิ้ว สลักดันแบบ (Ejection Pin) ซึ่งทำเป็นหัวคล้ายดอกเห็ด จะติดตั้งอยู่ในตำแหน่งหลายๆ จุด เพื่อใช้ดันแบบให้หลุดออกจากแม่แบบ จะถูกดันพร้อมกันทุกๆ ตัวด้วยระยะสม่ำเสมอ โดย Ejector Plate ซึ่งติดอยู่ดังรูป มีสปริงสรวมติดอยู่กับ Ejection Pin เพื่อดันให้ Pin กลับมาอยู่ในตำแหน่งเดิม ภายหลังจากดันแกะแบบออกแล้ว สปริงจะเลือกใช้ชนิดที่มีความต้านทานความร้อนได้ นอกจากนั้นยังจะต้องมี สลัก และรูสลัก (Locating Dowels and Holes) ติดตั้งอยู่ทั้ง 4 มุม บน Pattern Plate เพื่อช่วยให้การประกบแบบหล่อให้ติดกันในตำแหน่งที่ถูกต้องแน่นอน ขอบรอบๆ ของ Pattern Plate จะต้องทำเป็นกรอบด้วยเหล็กแผ่นบางๆ เพื่อช่วยจำกัดขอบของแบบหล่อเปลือก และง่ายต่อการแกะแบบออก โดยขอบในของกรอบจะต้องทำเป็นมุมเทพอควรเพื่อให้ง่ายต่อการแกะแบบออก



การใช้งานในด้านการหล่อหลอมงาน

ส่วนใหญ่แบบหล่อเปลือกบาง จะใช้หล่องานพวก Non Ferrous Alloys ต่างๆ

เช่น พวกโลหะผสมของอลูมิเนียม, แมกนีเซี่ยม, ทองเหลือง, บรอนซ์ แต่ก็สามารถใช้หล่อพวกงานเหล็กหล่อได้เช่นกัน เช่น เหล็กหล่อสีเทา หรือ เหล็กหล่อมาเลเบิล ซึ่งผลงานที่ได้จะมีผิวเรียบร้อยจนเกือบจะไม่ต้องตกแต่งเลย ความผิดพลาดของขนาดชิ้นงานก็น้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีการทำแบบทรายอื่น ๆ

ขีดจำกัดของการหล่อด้วยแบบหล่อเปลือก

1) ใช้หล่องานที่มีขนาดค่อนข้างเล็ก หรือปานกลางเท่านั้น ถ้างานมีขนาดใหญ่มีความจุน้ำโลหะมาก จะทำให้เปลือกบาง ๆ ไม่อาจรับแรงดันน้ำโลหะได้

2) แบบของงานหล่อที่จะใช้วิธีนี้จะต้องมีรูปร่างสมมาตรกัน เช่นรูปทรงกระบอก หรือทรงกลม หรือทรงลูกบาศก์

Referenec

1. Modern Work shop technology Part 1 Material : Primary and intermediate By H. Wright Baker
2. Workshop technology Part 3 By W.A J. Chapman
3. Industrial Plastics : Basic Chemistry, Major Resins By Ronald J. Baird

อภินันทนาการ

จาก

บริษัท สวยสมพล เอ็นจิเนียริ่ง จำกัด

ผู้ผลิตและจำหน่าย ตู้เหล็กเก็บเอกสาร

คุรุภัณฑ์เหล็กทุกชนิด ประตูเหล็กม้วน

โทร. 816168 , 813912

หมู่บ้าน วัฒนานิเวศน์

สร้างอยู่ในถนนสุทธิสาร ซอยวัฒนานิเวศน์

จำหน่ายบ้านพร้อมทั้งที่ดิน

ขายเงินผ่อนระยะยาว ๑๐ ปี

ผ่อนส่งกับธนาคารกรุงเทพ ฯ

ดำเนินการโดย

บริษัท วัฒนาการเคหะ จำกัด

สนใจติดต่อที่ สำนักงานหมู่บ้านวัฒนานิเวศน์

โทร. 774167 , 771382

การชุบโครเมี่ยมแข็ง
HARD CHROMIUM PLATING

ประวิทย์ โรจน์ขจรนภาลัย
นักศึกษาภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

ข้าพเจ้า มีความสนใจวิชาการเรื่อง การชุบเคลือบผิวด้วยไฟฟ้าหรือ ELECTRO PLATING มาตั้งแต่ตอนอยู่ปีหนึ่ง ข้าพเจ้าเห็นเป็นเรื่องแปลก ยิ่งได้เห็นของใช้ประจำวัน เช่น เครื่องมือเครื่องใช้ หน้าปัทม์วิทยุซึ่งเป็นพลาสติก ถูกชุบเคลือบด้วย ทองแดง, นิเกิล, โครเมี่ยม ยิ่งทำให้อยากที่จะค้นคว้าหาความรู้ทางด้านนี้ หนังสือหลายเล่มในห้องสมุดของสถาบัน ฯ ให้ความรู้ทางด้านการชุบเคลือบด้วยไฟฟ้าเป็นอย่างดี นอกจากนั้น หลักสูตรของภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ เรื่องวัสดุวิศวกรรมได้กล่าวถึงกรรมวิธีเหล่านี้ไว้ด้วย ข้าพเจ้าได้จัดหาอุปกรณ์ และสร้างเครื่องทดลองของตนเอง สรุปผลออกมาได้ว่า นอกจากวิชาการทางทฤษฎีที่ค้นคว้าจากหนังสือแล้ว ควรจะมีการทดลองปฏิบัติให้เห็นจริงด้วย

ก่อนที่ข้าพเจ้าจะพูดถึงเรื่องโครเมี่ยมแข็ง ข้าพเจ้าจะพูดถึงเรื่องพื้นฐานการชุบเคลือบด้วยไฟฟ้าทั่ว ๆ ไปก่อน กล่าวคือการชุบเคลือบด้วยไฟฟ้า เป็นกรรมวิธีที่ทำให้โลหะบางชนิดไปจับเกาะบาง ๆ บนผิวของโลหะหรือตัวนำอีกอย่างหนึ่ง พลังงานที่ใช้ในการทำปฏิกริยานี้ได้จากไฟฟ้ากระแสตรง (direct current) ชิ้นงานที่ต้องการชุบเคลือบจะต่อเข้ากับขั้วลบ (cathode) ส่วนขั้วบวก (anode) ของวงจรต่อกับโลหะที่ต้องจะไปให้เคลือบที่งาน โดยจะสึกหรอไปเมื่อทำการชุบ ทั้งขั้วบวกและขั้วลบจะจุ่มอยู่ในสารละลายซึ่งเป็นอีเลคโตรไลท์ของโลหะที่ให้ไปเคลือบเกาะ ตัวอย่างเช่น ต้องการชุบทองแดง อีเลคโตรไลท์คือคอปเปอร์ซัลเฟต ($CuSO_4$), คอปเปอร์คาร์บอนเนต ($CuCO_3$) หรือต้องการชุบนิเกิล อีเลคโตรไลท์คือ นิเกิลซัลเฟต ($NiSO_4$) นิเกิลคลอไรด์ ($NiCl_2$) เป็นต้น ทฤษฎีที่อธิบายว่า ปฏิกริยาไฟฟ้าเคมีดังกล่าวทำให้เกิดการจับเกาะได้อย่างไร ได้แก่ทฤษฎีอีเลคโตรไลซีสของฟาราเดย์ (Faraday's law of electrolysis) นักวิทยาศาสตร์ชาวอังกฤษซึ่งได้ค้นคว้าทดลองเกี่ยวกับอีเลคโตรไลซีสไว้มาก ส่วนการชุบโครเมี่ยมอาจแตกต่างเล็กน้อยที่อีเลคโตรไลท์จะเป็นกรดโครมิก (H_2CrO_4) ขั้วบวกแทนที่จะเป็นโลหะโครเมี่ยมกลับเป็นตะกั่วผสมแอนติโมนีโดยใช้เป็นตัวนำไฟให้ผ่านเท่านั้นไม่ได้สึกหรอไปกับปฏิกริยาแต่อย่างไร โลหะโครเมี่ยมที่ไปเคลือบจับที่งาน

ได้มาจากอนุภาคโครเมี่ยมในกรดโครมิกนั่นเอง ดังนั้นกรดโครมิกในสารละลายจะเจือจางไปเรื่อย ๆ

1) คุณสมบัติทั่วไปของโครเมี่ยม

โครเมี่ยมเป็นโลหะสีขาวค่อนข้างเทา มีความแข็งและเปราะ และสามารถที่จะขัดให้เงาเป็นประกายได้คล้ายกระจก คุณสมบัติของโลหะโครเมี่ยมโดยทั่วไปคือ

นน. อะตอม	52.01
อะตอมมิกนัมเบอร์	24
จุดหลอมเหลว	1850°C
สัมประสิทธิ์การขยายตัวตามเส้น	8.1×10^{-6}
ความต้านทานไฟฟ้า	13 micro ohm ต่อ cm^3
รูปร่างของผลึกโครงสร้าง	body centred cubic
การนำความร้อน	0.165 cal/s cm^3 °c ที่ 18°c
คุณสมบัติทางแม่เหล็ก	paramagnetic substance
Young's modulus	15×10^6 lb/in^2

งานที่ทำการชุบด้วยโครเมี่ยมแข็ง จะมีผิวแข็งที่เงาเป็นประกายหรือมีสีด้าน แล้วแต่กรรมวิธีที่ชุบ ผิวแข็งของโครเมี่ยมนี้สามารถทนอยู่ได้ในความร้อนสูงถึง 400° ซ มีความต้านทานต่อการสึกหรอ และการกัดกร่อนของสารเคมีต่าง ๆ ได้

คุณสมบัติที่ทำให้โครเมี่ยมมีบทบาทในวงงานวิศวกรรมได้แก่

1.1) ความแข็งและความต้านทานต่อการสึกหรอ (wear)

1.2) ความต้านทานต่อการกัดกร่อน (corrosion) และทนความร้อน

1.3) สัมประสิทธิ์ความเสียดทาน (friction) ต่ำ และผิวซึ่งมีคุณสมบัติไม่จับเกาะสาร (non–adhesive properties)

1.4) เคลือบผิวงานเพื่อตกแต่งให้สวยงามสะดุดตา

1.5) เป็นสารพาราแมกเนติค (paramagnetic)

1.1 คุณสมบัติทางด้านความแข็งและต้านทานการสึกหรอ

โครเมี่ยมแข็งจะมีความแข็ง 65–70 Rockwell c หรือประมาณ 800 Brinell ความแข็งอาจแตกต่างกันไปได้ ขึ้นกับกรรมวิธีการชุบโดยทั่วไป การตรวจสอบความแข็ง จะทำการตรวจสอบกับความหนาที่ชุบประมาณ 0.010 นิ้ว ซึ่งจะให้ความผิดพลาดน้อย เครื่องมือ

ที่ใช้ตรวจสอบความแข็งคือเครื่อง Hardometer แต่จะทำการตรวจสอบความแข็งง่าย ๆ โดยใช้ใบเลื่อยที่ทำด้วยเหล็ก high speed steel มาเลื่อยผิวที่ชุบเคลือบ จะพบว่าแม้แต่ใบเลื่อยเหล็กกล้าที่มีความแข็งประมาณ 65–68 Rc ก็ไม่สามารถระคายผิวที่ถูกชุบเคลือบด้วยฮาร์ดโครเมี่ยม ความแข็งที่ได้จากการชุบจะแปรเปลี่ยนไปตามกรรมวิธีและสภาพแวดล้อมซึ่งได้แก่

1.1.1 ความหนาแน่นของกระแสไฟต่อหน่วยพื้นที่ และอุณหภูมิ

จากการทดลองทำและศึกษาพบว่า การจับเกาะที่ให้ความแข็งได้นั้นขึ้นอยู่กับตัวแปร 2 อย่างนี้ ความแข็งขนาด 68–70 Rc จะสามารถทำได้ที่อุณหภูมิ 30–40° C ความหนาแน่นกระแสไฟ 100 แอมป์ต่อตารางฟุต หรือที่อุณหภูมิ 55–60° C ด้วยกระแสไฟ 300–600 แอมป์ต่อตารางฟุต แต่โดยทั่วไปที่นิยมทำกันคือ อุณหภูมิ 50–52° C และความหนาแน่นของกระแส 250–300 แอมป์ต่อตารางฟุต สมมติว่าเราตั้งกระแสไฟให้คงที่แล้วให้อุณหภูมิในอ่างชุบแปรเปลี่ยนไปจะพบว่า ถ้าอุณหภูมิลดต่ำลงไปจากมาตรฐาน ความเงาของผิวจะลดไปทันที ความแข็งได้ประมาณ 58 Rc หรือน้อยกว่า แต่ถ้าอุณหภูมิสูงเกินไป ประมาณ 70° C ผิวงานที่ได้จะเป็นสีขาวมัว ๆ ความแข็งจะน้อยกว่า 58 Rc เช่นกัน

1.1.2 ความเข้มข้นของสารละลายซึ่งเป็น กรดโครมิก และกรดกำมะถัน

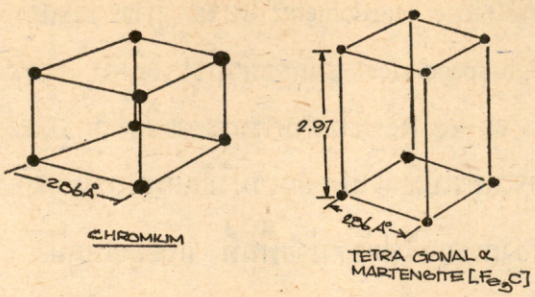
น้ำยาที่ใช้เป็นอีเลคโตรไลท์สำหรับชุบโครเมี่ยมแข็ง จะประกอบด้วยกรดโครมิก (CrO_3) 250 กรัมต่อลิตร และกรดกำมะถัน (H_2SO_4) 2.5 กรัมต่อลิตร อัตราส่วนทั่วไปคือ 100 : 1 ถ้าความเข้มข้นของกรดโครมิกเพิ่มขึ้น ความแข็งของงานที่จับเกาะจะลดลง กรดกำมะถันก็เช่นกัน ความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้นแปรผกผันกับความแข็งที่ได้

1.1.3 อนุภาคของโครเมี่ยมที่มีค่าวาเลนซี 3 ในสารละลาย

โครเมี่ยมจะมีวาเลนซี 3 ค่าคือ 6, 3 และ 2 ในกรดโครมิก (CrO_3) โครเมี่ยมจะมีวาเลนซี 6 และอาจเกิดโครเมี่ยมที่มีวาเลนซี = 3 ขึ้นในปฏิกิริยาเคมี ในการชุบที่จะให้ได้ความแข็ง จะต้องรักษาปริมาณ Cr^{+3} นี้ อยู่ในช่วง 3–25 กรัมต่อลิตร ถ้ามากไปกว่านี้จะทำให้ความแข็งที่ได้ลดลง

ทำไมโครเมี่ยมแข็งจึงมีความแข็งมาก

ถ้าเราพิจารณา จากโครงสร้างผลึกทางโลหะวิทยาของ โครเมี่ยม ที่ได้จากการจับเกาะจะเป็นแบบ Body Centred Cubic มีค่าของ Cell Parameter 2.86 Å (2.86×10^{-10} เมตร) เปรียบเทียบกับผลึกโครงสร้างของ Martensite ของเหล็กชุบแข็ง ซึ่งเป็นแบบ Tetragonal Alpha มี Cell Parameter 2.97 Å × 2.86 Å จะเห็นว่า ของโครเมี่ยมยังมีขนาดเล็กกว่า



การที่โครงสร้างผลึก ซึ่งมีขนาดเล็กกว่า และมีความแน่นมากกว่าของโครเมี่ยม จึงทำให้ ความแข็งของโครเมี่ยม สูงกว่าเหล็กชุบแข็ง

ความต้านทานการสึกหรอของโครเมี่ยมแข็ง

คุณสมบัติอันนี้แปรไปตามความแข็งของผิวที่ชุบ เนื่องจากผิวซึ่งแข็งจะมีความละเอียดมาก จึงทำให้โครเมี่ยมมีคุณสมบัติต้านทานการสึกหรอดีกว่าโลหะอื่น ๆ การสึกหรอที่พบกันอยู่เสมอ ๆ เช่น ด้ามหมุนเครื่องจักร ลูกเบี้ยว แกนไฮโดรลิก ก้านสูบ เพลาข้อเหวี่ยง หรือเพลางานต่าง ๆ จากที่พบ ๆ มาปรากฏว่า ถ้าชิ้นส่วนเหล่านี้ได้ผ่านกรรมวิธีการชุบด้วยโครเมี่ยมแข็งแล้ว จะให้อายุการใช้งาน 5–10 เท่าของชิ้นส่วนที่ไม่ได้ชุบ เมื่ออยู่ในสภาวะเหมือน ๆ กัน

1.2 ความต้านทานต่อการกัดกร่อน และทนความร้อน

มีอุปกรณ์ชิ้นส่วนมากมายซึ่งเคลือบโครเมี่ยมแข็งไว้ เพื่อใช้เป็นตัวป้องกันไม่ให้สารเคมีบางอย่างทำการกัดกร่อน เหตุที่โครเมี่ยมแข็งมีความต้านทานสารเคมีได้ เนื่องจากโครงสร้างของผลึกซึ่งมีความละเอียดเล็กมาก ทำให้เป็นฉากป้องกัน สารออกซิไดซิง และ รีดิวซิง หลายอย่าง ไม่สามารถเข้าไปกัดกร่อนเนื้อในของชิ้นงานได้ โดยเฉพาะถ้าชิ้นงานอยู่ในอุณหภูมิสูง ๆ ซึ่งง่ายต่อการทำปฏิกริยา เหตุผลที่โครเมี่ยมทำให้งานที่ถูกชุบเคลือบไม่ค่อยสึกหรอก็คือ สภาวะ Galvanic Condition โดยทั่วไปงานที่ถูกเคลือบผิวบาง ๆ ด้วยโครเมี่ยมจะมีสภาวะ Prevalent ในขณะที่โครเมี่ยมทำตัวเสมือน Cathodically ดังนั้นจึงไม่ต้องแปลกใจเลยว่าทำไมชิ้นงานที่ถูกเคลือบผิวบาง ๆ ของโครเมี่ยม จึงไม่ค่อยสึกหรอหรือถูกกัดกร่อน ต่อไปนี้จะยกตัวอย่างสารเคมีที่สามารถกัดกร่อนโครเมี่ยม ได้แก่กรดเกลือ (Hydrochloric Acid) กรดดินประสิว (Nitric Acid) ผิวของโครเมี่ยมแข็งที่ได้ แม้ว่าจะมีความละเอียดและแข็ง แต่จะพบการแตกระแหงเป็นร่างแหโดยทั่ว ๆ ไป ซึ่งเป็นคุณสมบัติเฉพาะของมัน การที่โครเมี่ยมจะถูกกัดกร่อน จะเริ่มต้นที่ช่องแตกระแหงเหล่านี้ (ต้องส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์)

ความหนาของการชุบเคลือบที่ใช้งาน

จากประสบการณ์การใช้งาน ถ้าการเคลือบผิวด้วย **ฮาร์ดโครม** ที่มีความหนา

0.0003–0.0004 นิ้ว ใช้ป้องกันการกัดกร่อนอย่างอ่อน ๆ

0.0005–0.0007 นิ้ว ใช้ป้องกันการกัดกร่อนจากบรรยากาศ

0.002 –0.003 นิ้ว ใช้ป้องกันการกัดกร่อนจากสารเคมี

การต้านทานความร้อน

ฮาร์ดโครม มีความทนความร้อนสูงมาก จุดหลอมละลายที่ 1850°C ในขณะที่เหล็ก เริ่มละลายที่อุณหภูมิ 1200°C ดังนั้น ที่อุณหภูมิใช้งานทั่วไป ซึ่งอาจสูงถึง 400°C ก็ไม่มีผลกระทบกระเทือนมากนัก แม้กระนั้นก็ตาม ความร้อนก็จะมีผลทำให้ความแข็งของฮาร์ดโครมลดลงไปได้เช่นกัน เช่น

ที่อุณหภูมิห้อง ไปจนถึง ต่ำกว่า 400°C ความแข็งประมาณ 850 Vicker

ถ้าอุณหภูมิสูงขึ้นจนถึง 400°C ความแข็งจะเหลือประมาณ 450 Vicker

ถ้าอุณหภูมิสูงจนถึง 1200°C ความแข็งจะลดเหลือ 300 Vicker

จากตัวเลขเหล่านี้ ถ้าการใช้งานทั่วไป ที่มีอุณหภูมิไม่ร้อนนัก อัตราการสึกหรอจะเพิ่มขึ้นน้อยมาก

1.3 คุณสมบัติ เรื่องสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน (Friction Coefficient) ต่ำ

ผิวที่ถูกจับเคลือบด้วย ฮาร์ดโครม จะมีสัมประสิทธิ์ความเสียดทานต่ำ ในการเปรียบเทียบกับโลหะที่ใช้งานทางด้านช่างทั่วไป จะพบว่า ฮาร์ดโครมมีค่า สปส. ความเสียดทานต่ำที่สุด

ในการทำงานทั่วไป ฮาร์ดโครมที่ชุบเคลือบบนงาน สามารถนำไปเจียระไน และขัดเงาได้ขนาดที่ถูกต้องตามการใช้งาน เช่น แกนลูกสูบ ไฮโดรลิก แต่มีข้อสังเกตอยู่อย่างหนึ่งว่า ผิวของฮาร์ดโครมมักจะไม่ค่อยจับติด สารต่าง ๆ เช่น น้ำมันหล่อลื่น ในการใช้งานบางกรณี เช่น ภายในของกระบอกสูบ ซึ่งจำเป็นต้องมีน้ำมันหล่อลื่นตลอดเวลา เราอาจแก้ไขปัญหาได้ โดยภายหลังจากการเจียระไนผิวแล้ว เราจะทำให้ผิวซึ่งเป็นฮาร์ดโครม เป็นรูเล็ก ๆ เพื่อเป็นที่ขังของน้ำมัน โดย นำไปกัดกรด (Etching) หรืออีกวิธีหนึ่งคือ นำผิวที่ผ่านการเจียระไนแล้ว ไปยิงผิวด้วย เม็ดเหล็ก (Shotblasting)

จากคุณสมบัติ การที่ไม่ค่อยยอมให้สารอื่นทำการจับเกาะที่ผิว ดังนั้นฮาร์ดโครมจึงถูกนำไปใช้เคลือบผิวแบบ (die) เช่น Plastic mold ทำให้สามารถแกะงานออกจากแบบได้สะดวก หรือแม่พิมพ์ต่าง ๆ ซึ่งต้องการทั้งความแข็ง ทนทาน และทำความสะอาดง่าย

1.4 คุณสมบัติด้านการเคลือบผิวงาน เพื่อความสวยงามสะดุดตา

โครเมี่ยมที่ชุบเคลือบผิวบาง ๆ ประมาณ 0.0003–0.002 นิ้ว จะได้ความสุกใสแวววาว สามารถป้องกันการกัดกร่อนของบรรยากาศ แต่การที่จะสามารถชุบให้ได้ความเงาตามต้องการนั้น ขึ้นอยู่กับการเตรียมผิวงานก่อนชุบด้วย หมายความว่า ถ้าผิวงานก่อนชุบถูกขัดเงามากเท่าใด ความสุกใสแวววาว จากการชุบก็จะมากขึ้นเท่านั้น ในบางครั้งผิวงานก่อนทำการชุบอาจถูกนำไปกัดกรด (Etching) เพื่อให้ผิวฮาร์ดโครมติดแน่นขึ้น แต่ทำให้ผิวที่ผ่านการชุบแล้วไม่สดใส อาจแก้ปัญหาความมัวได้โดยนำไปขัดเงาอีกที นอกจากการชุบตกแต่งเพื่อความเงาแล้ว บางครั้งมีงานบางอย่างที่ต้องการชุบฮาร์ดโครม แบบขาวขุ่น ๆ เช่น เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ หรือไมโครมิเตอร์ ผิวงานจะต้องผ่านการยิงด้วย เม็ดเหล็ก (Shotblast) และกัดกรด (Etching) ก่อนทำการชุบ

1.5 คุณสมบัติ ในการเป็นสาร พาราแมกเนติก ของโครเมี่ยม

โครเมี่ยมจะถูกอำนาจแม่เหล็กดึงดูดอย่างอ่อน ๆ คุณสมบัติข้อนี้ถูกนำไปใช้ ในกรณีที่ ชิ้นส่วนหรืออุปกรณ์ ที่ไม่ต้องการให้ถูกรบกวนด้วยสนามแม่เหล็ก จำเป็นจะต้องทำด้วยโลหะอื่น ๆ เช่น ทองเหลือง หรือ อลูมิเนียม แต่ผิวจะถูกชุบเคลือบด้วย ฮาร์ดโครม เพื่อให้เกิดความแข็งและทนการสึกหรอ

2) สารละลายน้ำยาที่ใช้ในการชุบ ฮาร์ดโครม

ในอุตสาหการการชุบ ฮาร์ดโครม น้ำยาที่ใช้กันทั่วไปมีอยู่ 3 สูตร คือ

2.1 Standard hard chromium plating solution

2.2 Self regulating high speed chromium solution

2.3 Crack–free solution

2.1 Standard Hard Chromium Plating Solution

ประกอบด้วยสารเคมี 2 อย่างคือ กรดโครมิก และกรดกำมะถัน ความเข้มข้นของกรดโครมิก จะประมาณ 150–500 กรัม/ลิตร และมี กรดกำมะถัน ผสมอยู่ ในอัตราส่วน 80–120 ต่อ 1 โดยทั่วไปนิยมใช้ 100:1 ถ้าสารละลายมีความเจือจางจะให้ประสิทธิภาพของขั้วลบสูง แต่ถ้าสารละลายมีความเข้มข้น จะทำให้ อีเลคโตรไลท์ เป็นตัวนำที่ดี ความต้านทานต่ำ และเวลาชุบใช้ โวลท์ต่ำกว่า น้ำยาเจือจางที่มีกรดโครมิก 250 กรัม/ลิตร และอัตราส่วนผสม 100:1 เป็นที่นิยมใช้กัน เพราะบำรุงรักษาง่าย การตรวจวัดความเข้มข้นของกรดโครมิก ทำได้โดยใช้ ไฮโดรมิเตอร์ แต่ปริมาณกรดกำมะถันจะตรวจสอบโดยนำตัวอย่างไปตรวจในห้องทดลองเคมี

2.1.1 การเตรียมน้ำยา เตรียมโดยการละลายเกล็ด ของกรดโครมิกในน้ำสะอาดที่มีความร้อนประมาณ 50°C เพราะจะทำให้การผสมน้ำยาเข้ากันได้ง่าย เมื่อกรดโครมิกละลายแล้วจึงเติมกรดกำมะถันลงไปอย่างระมัดระวัง เมื่อเติมกรดแล้ว จะทดลองผ่านกระแสไฟฟ้าไปในสารละลาย โดยนำแท่งเหล็กไปแขวนเป็นขั้วลบ เป็นเวลาประมาณ 2 ชั่วโมง เพื่อให้น้ำยาเข้ากัน ในตอนแรกของการผ่านกระแสไฟฟ้าเข้าไปในสารละลาย ปฏิกริยาไฟฟ้าเคมีจะทำให้เกิดอนุภาคของโครเมี่ยมวาเลนซี่ 3 จนกระทั่งปริมาณที่เกิดสมดุลย์กับอนุภาคโครเมี่ยม วาเลนซี่ 6 ปฏิกริยาจึงหยุดและได้น้ำยาที่พร้อมจะใช้งานได้ แต่ปฏิกริยานี้เกิดช้ามาก อาจใช้เวลาเป็นวัน แล้วแต่ปริมาณของสารละลาย เราอาจจะเร่งปฏิกริยานี้ได้ โดยใช้กรด Citric ประมาณ 3 กรัม/ลิตร เติมลงไป ทำให้เดือดเป็นฟอง เร่งปฏิกริยาการเกิดของ Cr^{+3} จนสมดุลย์ แต่ก็ต้องมีการนำแท่งเหล็กไปแขวนที่ขั้วลบแล้วผ่านกระแสไฟฟ้าเข้าไปเหมือนกัน จนกระทั่งได้ผลการชุบเป็นที่น่าพึงพอใจ ซึ่งวิธีการนี้ช่วยย่นเวลาการได้ที่ของน้ำยาจากหนึ่งวันมาเหลือเพียง 2-3 ชม.

2.1.2 การตรวจควบคุมน้ำยา

อัตราส่วนผสมของสารเคมี ในน้ำยาชุบ ต้องทำการตรวจสอบอยู่เสมอการตรวจวัด ถ.พ. ของกรดโครมิกต้องตรวจวัดทุกวัน เพื่อรักษาระดับความเข้มข้นของน้ำยาให้เหมือนเดิมเสมอ ค่าของ ถ.พ. โดยทั่วไปรักษาไว้ที่ระดับ 23 องศาโบเม่ ถ้าหากน้ำยาเกิดเจือจางลงจะต้องเติมกรดโครมิกลงไปจนมีความเข้มข้นเหมือนเดิม เป็นที่น่าเสียดายที่กรดกำมะถันในสารละลายไม่อาจตรวจวัดได้โดยวิธีง่าย ๆ และปริมาณของกรดกำมะถันก็มีการสูญไปตลอดเวลาของการใช้งาน วิธีรักษาปริมาณทำได้โดย นำตัวอย่างไปทดสอบในห้องแลบเคมี ทุก ๆ ระยะสัปดาห์หรือเดือน โดยสม่ำเสมอ สำหรับข้อสังเกต ว่ากรดกำมะถัน ลดลงไปจากระดับมาตรฐานก็คือ จะเกิดอาการของการจับเกาะที่ไม่สม่ำเสมอเป็นรูปเว้าคล้ายพระจันทร์เสี้ยวบนผิวชิ้นงาน ตรงบริเวณที่มีความหนาแน่นไฟฟ้าต่ำ สังเกตได้ง่าย แสดงว่าส่วนผสมของน้ำยาไม่สมดุลย์แล้ว โดยอัตราส่วนประมาณได้เป็น 110-155 ต่อ 1 เมื่อเกิดอาการเช่นนี้ขึ้น เราต้องรีบจัดการเติมกรดกำมะถัน จนระดับคงเดิม

2.2 Self Regulating High Speed Chromium Solution

เป็นน้ำยาชุบโครเมี่ยมที่ปรับปรุงให้มีคุณสมบัติ ในการควบคุมอัตราส่วนผสมของกรด โครมิก กับ กรดกำมะถัน โดยอัตโนมัติ โดยการเติมตัว Catalyst บางอย่างลงไป ได้แก่ Strontium Sulphate และ potassium Silico Fluoride โดยมีอัตราการผสมลงไปดังนี้ กรดโครมิก 100 เปอร์เซนต์ โดยน้ำหนัก Strontium Sulphate 3 เปอร์เซนต์ โดยน้ำหนัก

Potassium Silico Fluoride 8 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนัก การเติมโปแตสเซียม ซิลิโกฟลูออไรด์ลงไปเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของกระแสไฟฟ้า และทำให้อัตราการจับเกาะเพิ่มขึ้นอีกประมาณ 50% ของน้ำยาธรรมดา **น้ำยาชนิดนี้ ช่วยทำให้การชุบ ฮาร์ดโครมมีคุณสมบัติดีเด่นเพิ่มขึ้น** ในแง่ที่ว่า

ก) การจับเกาะของปริมาณโครเมี่ยมมากและรวดเร็วขึ้น

ข) ให้ความเงาและแวววาวเป็นประกายบนผิวงาน

ค) การจับเกาะสม่ำเสมอ และความขรุขระน้อยกว่า

ง) ง่ายและประหยัด ในการบำรุงรักษา

จ) รอยแตกระแหงบนผิวงานมีน้อยลง ทำให้คุณภาพทางด้านการทนต่อการกัดกร่อนเพิ่มขึ้น

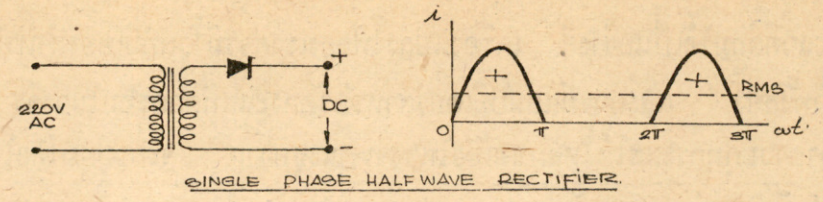
2.3 Crack-Free Solution

น้ำยาชนิดนี้ ใช้สำหรับงานชุบถ้าต้องการ สี เทา ดำ และได้ผิวโครเมี่ยม ที่ค่อนข้างแข็งเหนียว (Ductile) ความแข็งที่ได้จะประมาณ 600 Vicker ให้คุณสมบัติด้านการต่อต้านการกัดกร่อนได้ดีที่สุด นิยมใช้ชุบพวกอุปกรณ์เครื่องมือต่าง ๆ และสามารถทำการขัดเงาได้ ภายหลังการชุบ อุณหภูมิที่ใช้ทำการชุบจะถูกควบคุมให้อยู่ในระดับ 65.5 ± 1°C ต้องระวังไม่ให้มีอนุภาค คลอไรด์ เจือปนลงไปในสารละลายเพราะจะทำให้เกิดการแตกระแหง ที่ผิวงานได้ ความหนาแน่นของกระแสไฟที่ใช้ ประมาณ 1–6 แอมป์/ตารางนิ้ว นิยมใช้กัน 3 แอมป์/ตารางนิ้ว

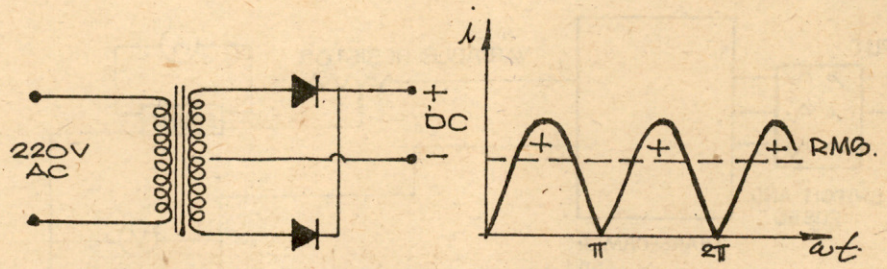
3) เครื่องมือ และอุปกรณ์ที่ใช้ในการชุบฮาร์ดโครม

3.1 เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง

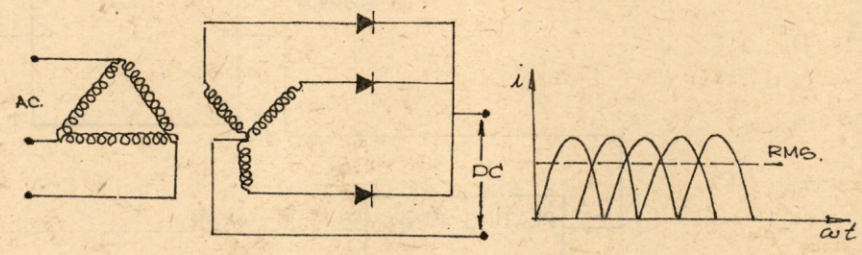
การชุบฮาร์ดโครมต้องการไฟฟ้ากระแสตรง ที่มีแรงเคลื่อนไฟฟ้าประมาณไม่เกิน 15 โวลท์และกระแสที่ใช้ ประมาณ 200–1500 แอมป์ เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงนี้ อาจทำได้จาก DC Motor Generator หรือ AC Transformer Rectifier ในวงงานบ้านเรานิยมใช้แบบหลังคือ หม้อแปลงไฟฟ้ากระแสตรง จากการสังเกตพบว่า การชุบ ฮาร์ดโครม ต้องการกระแสไฟฟ้าตรงที่ค่อนข้างเรียบคือกระแสตรงที่มี เปอร์เซนต์ Ripple Voltage ต่ำ การแปลงไฟจากกระแสสลับที่มีโวลท์สูง 220–380 Volt ไปเป็นไฟกระแสตรงที่มีโวลท์สูงเพียง 15 Volt อาจทำได้โดยใช้ Step Down Transformer และทำการแปลงกระแสไฟตรงด้วย Silicon Rectifier ซึ่งมีวงจรการแปลงไฟแบบต่าง ๆ ดังต่อไปนี้



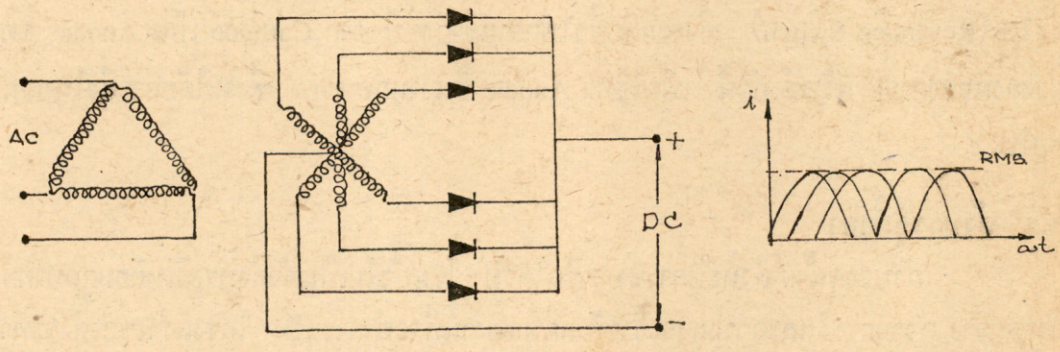
SINGLE PHASE HALF WAVE RECTIFIER.



SINGLE PHASE FULL WAVE RECTIFIER



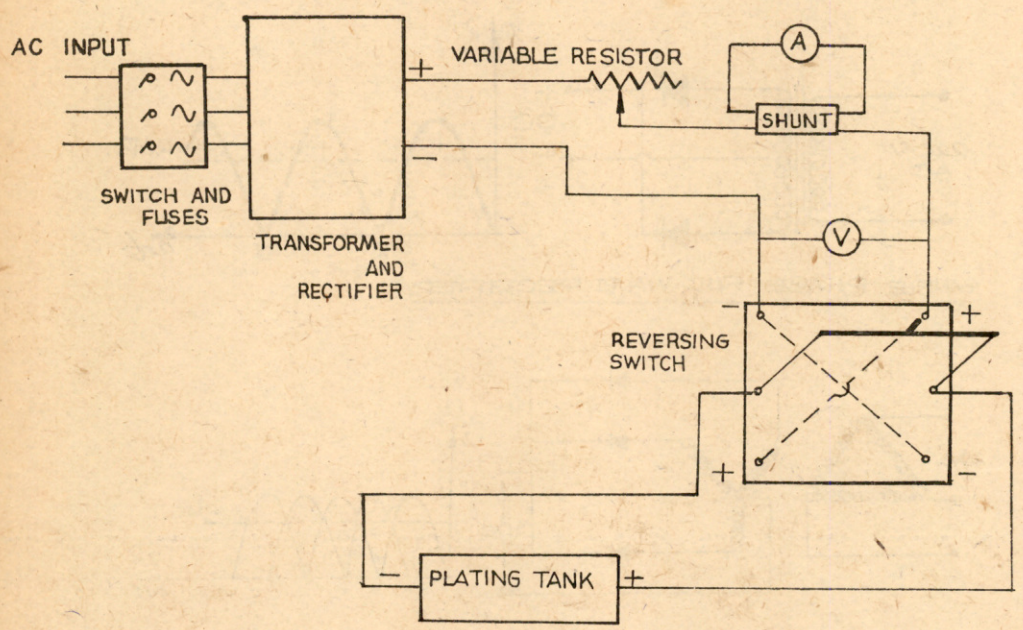
THREE PHASE STAR RECTIFIER



SIX PHASE STAR RECTIFIER

จาก Wave Form ของการแปลงไฟโดยวิธีทั้ง 4 จะพบว่า แบบที่ 4 มีความเรียบของกระแสไฟมากที่สุด **ความเรียบของกระแสไฟมีอิทธิพลต่อการชุบในด้านความสม่ำเสมอของการจับเกาะ ทำให้ได้โครงสร้างของฮาร์ดโครมที่ไปเคลือบนั้นมีความละเอียด และแน่นหนา** ซึ่งยังผลให้ได้ความแข็ง ความเงา และความต้านทานการกัด

กร่อนจากสิ่งแวดล้อมได้เป็นอย่างดี เครื่องแปลงไฟของเราควรมีโวลท์มิเตอร์สำหรับวัดความต่างศักย์ที่ขั้วทั้งสอง และควรมีแอมป์มิเตอร์สำหรับวัดกระแสที่ตกคร่อมในวงจร ขณะทำการชุบ การควบคุมกระแสให้ไหลมากน้อยในวงจรขณะชุบงาน จะควบคุมโดยใช้การปรับความต้านทานที่นำมาต่ออนุกรมกับวงจร ดูรูป

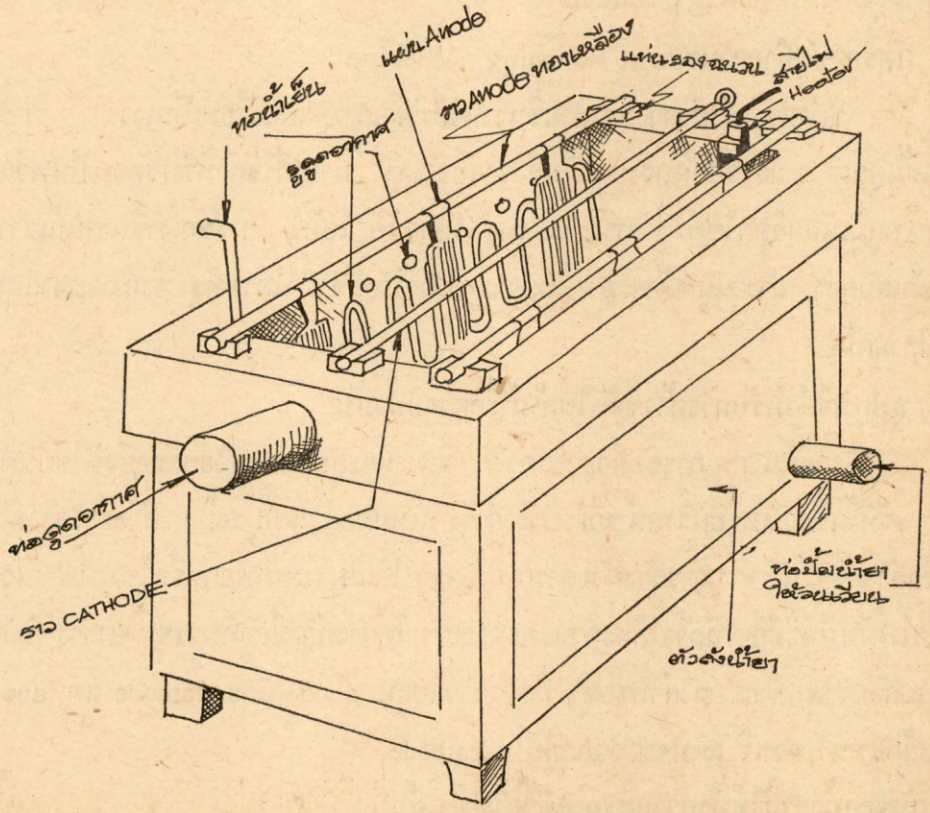


นอกจากหม้อแปลงไฟแล้ว ก่อนที่วงจรจะต่อเข้ากับตัวชุบ จะต้องมีสวิทซ์กลับขั้วไฟ (Reversing Switch) ซึ่งจะกลับขั้วไฟก่อนเข้าถังชุบ จาก Cathode เป็น Anode จุดประสงค์ของการมี สวิทซ์ ตัวนี้ เพื่อใช้ทำ Anodic ชิ้นงานก่อนชุบ ซึ่งจะได้กล่าวถึงในตอนต่อไป

3.2 ถังบรรจุน้ำยา

ถังบรรจุน้ำยาสำหรับการชุบฮาร์ดโครม โดยทั่วไปเป็นตัวถังทรงสี่เหลี่ยมลูกบาศก์ ความกว้าง ความยาว และความสูงจะขึ้นกับลักษณะงานที่จะทำการชุบ โครงสร้างของถังจะทำด้วยเหล็กฉาก ปิดมิดด้วยเหล็กแผ่นและมีความแข็งแรงพอที่จะไม่บวมพอง เมื่อต้องรับแรงดันเนื่องจากน้ำยาที่บรรจุอยู่ ด้านในของถังจะทำการบุด้วยแผ่น PVC ที่มีความหนาประมาณ 5 มิลลิเมตร แผ่น PVC นี้เป็นวัสดุที่ทนกรดทนด่าง และนิยมใช้กันมากในปัจจุบัน ในอดีต เราอาจเคยได้ยินว่าถังชุบโครเมี่ยมจะบุภายในถังด้วยแผ่นตะกั่วแอนติโมนี ซึ่งสามารถทนการกัดของกรดโครมิกได้ แต่เมื่อใช้ไปนาน ๆ เข้า แผ่นตะกั่วก็ถูกกัดกร่อนไปได้อย่างช้า ๆ ยิ่งเป็นน้ำยาชุบฮาร์ดโครมด้วยแล้ว มี Catalyst บางตัวสามารถกัดกร่อนตะกั่วได้เป็นอย่างดี

ดังนั้น ถ้าเป็นการชุบฮาร์ดโครมแล้วควรใช้ถังที่บุภายในด้วย PVC ดีกว่า ด้านในของถัง ตามผนังทั้ง 4 ด้านจะมีการเดินท่อ PVC บาง ๆ ไว้ คือท่อน้ำเย็นที่ใช้ลดอุณหภูมิถ้าน้ำยามีความร้อนสูงเกินไป ท่อน้ำเย็นนี้จะต่อมาจากปั๊มน้ำซึ่งจะทำให้น้ำเย็นวนเวียนอยู่ได้ เมื่อขณะทำการลดอุณหภูมิ นอกจากท่อน้ำเย็นแล้วจะมีหลอดทำความร้อนด้วยไฟฟ้า ทำด้วยลวดต้านทานที่บรรจุอยู่ในหลอดแก้วทนไฟ จุ่มแขวนอยู่ด้านใดด้านหนึ่งของถัง น้ำยาในถังจะถูกทำให้ไหลวนเวียนด้วยการใช้เครื่องกวนน้ำยา หรืออาจใช้เครื่องปั๊มแบบ Centrifugal pump ซึ่งทำด้วยPVC ดูดน้ำยาจากส่วนลึก ให้ไหลวนขึ้นมาที่ผิวบน ที่ต้องให้น้ำยาถูกกวนหรือวนเวียนก็เพื่อจะทำให้อุณหภูมิของน้ำยาในถังเท่า ๆ กันตลอด อุณหภูมิของน้ำยาจะวัดด้วยเทอร์โมมิเตอร์ส่วนความเข้มข้นของน้ำยา จะวัดด้วยไฮโดรมิเตอร์ ปากของถังน้ำยาจะทำให้สูงขึ้นมาจากระดับน้ำยาประมาณ 10 นิ้ว ทั้งนี้เพื่อป้องกันไม่ให้ไอหรือละอองน้ำยาพุ่งออกมานอกถัง เพราะการชุบฮาร์ดโครม จะมีฟองของก๊าซไฮโดรเจนเกิดขึ้นมากที่ผิวงาน ซึ่งฟองก๊าซเหล่านี้จะพาเอาละอองน้ำยาของกรดระเหยขึ้นมาด้วย **ไอเหล่านี้เป็นพิษอย่างร้ายแรงต่อเยื่อตา และเยื่อหุ้มปอดของผู้ปฏิบัติงาน** แม้กระนั้นก็ตาม ขอบซึ่งทำให้สูงขึ้นมาจากระดับน้ำยา ก็ยังไม่อาจป้องกัน



รูปถังชุบ ฮาร์ดโครม

ได้ 100% ดังนั้นที่ขอบถังจะเดินท่อสี่เหลี่ยมเป็นคิ้วของขอบถัง เจาะรูของท่อสี่เหลี่ยมให้พรุนด้านใน ท่อนี้จะต่อไปยังเครื่องดูดอากาศ อาจจะเป็นปั๊มลมหอยโข่ง เพื่อดูดเอาก๊าซพิษเหล่านั้นไปควบแน่นหรือทำให้เป็นกลางต่อไป บนขอบถังด้านบน จะมีราวทองเหลืองวางอยู่ 3 ราว ราวด้านข้าง 2 ราว จะใช้แขวนแท่งตะกั่วซึ่งเป็นขั้วบวกหรือ anode ส่วนราวตรงกลางจะเป็น cathode ใช้แขวนชิ้นงานที่ต้องการชุบ ขนาดของราวทองเหลืองนี้จะต้องมีขนาดโตพอที่จะรับนน.ของแผ่นตะกั่ว anode และมีพท.หน้าตัดมากพอที่จะรับกระแสไฟขนาดสูง ๆได้โดยไม่ร้อนแผ่นตะกั่ว anode จะทำด้วยตะกั่ว แอนติโมนี มีลักษณะเป็นแผ่นแบน ๆ แขวนอยู่บนราวทั้งสองด้าน โดยจำเป็นอย่างยิ่งต้องให้สมมาตรกันทั้งสองด้าน ทั้งนี้เพื่อให้เส้นแรงของสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอกันตลอดขณะทำการชุบ จำนวนแผ่น Anode ที่แขวนนี้ขึ้นกับพื้นที่ผิวของงานที่จะชุบ โดยทั่วไป ควรจะให้พื้นที่ผิวของแผ่นตะกั่วเท่ากันหรือมากกว่าพื้นที่ผิวชิ้นงานที่ทำการชุบ

3.3 อุปกรณ์ที่ใช้เป็นส่วนประกอบของการดำเนินการชุบ ต่อไปนี้ เป็นอุปกรณ์ที่ขบวนการชุบด้วยไฟฟ้าทั่ว ๆ ไปต้องมี

3.3.1 เครื่องขัดทำความสะอาด Polishing Machine

ใช้สำหรับขัดทำความสะอาดชิ้นงานให้มีผิวสะอาดและเรียบเป็นเงา การขัดจะขัดเป็นขั้นตอน จากวงล้อขัดหยาบจนไปถึงวงล้อขัดเงา น้ำยาที่ใช้สำหรับขัดจะเป็นพวกผงขัด emery (อลูมิเนียมอ๊อกไซด์) หรือ Crocus (เหล็กอ๊อกไซด์) การขัดเงาชิ้นงานนี้เราจะต้องตระหนักเสมอว่า ถ้างานถูกขัดสะอาดและเงามากเท่าไร ฮาร์ดโครมที่ชุบขึ้นมาจะเงาและเรียบแปรไปตามกัน

3.3.2 อุปกรณ์สำหรับการล้างขจัดไขมันหรือคราบน้ำมัน

จากขั้นแรก การขัดด้วยวงล้อขัด ชิ้นงานจะถูกขัดเงาด้วยผงขัดซึ่งมีไขมันผสมอยู่ด้วย ดังนั้นไขมันหรือคราบน้ำมันจะต้องกำจัดให้หมดอย่างสมบูรณ์ ด้วยการล้างด้วยสารเคมีหรือล้างด้วยไฟฟ้า การล้างด้วยสารเคมีง่าย ๆ ได้แก่ ผงซักฟอกหรือโซดาไฟ ส่วนการล้างด้วยไฟฟ้าเป็นวิธีการที่ล้างได้สะดวกและรวดเร็ว โดยจะต้องมีถังที่บรรจุน้ำยาล้าง มีลักษณะและแบบถังบรรจุคล้ายกับถังสำหรับชุบ คือมี ราวแขวน anode และ cathode แต่ anode ใช้แผ่นเหล็กแทน ส่วนชิ้นงานจะแขวนอยู่เป็น cathode

ส่วนผสมของน้ำยาที่ใช้ทำความสะอาดด้วยไฟฟ้า คือ

ก. โซเดียมไฮดรอกไซด์ 1 ปอนด์

ข. โปแตสเซี่ยมไซยาไนด์ 1 ปอนด์

ค. โซเดียมคาร์บอนเนต 1 ปอนด์

ง. โซเดียมไบซัลไฟต์ 1 ปอนด์

จ. แอมโมเนียม ไฮดรอกไซด์ $\frac{1}{4}$ ไปน์

ฉ. น้ำสะอาด 1 แกลลอน

ใช้ไฟกระแสตรงที่มีแรงเคลื่อนไฟฟ้าประมาณ ไม่เกิน 6 โวลท์

3.3.3 ถังน้ำ 3 ขั้นตอน เป็นถังขนาดใหญ่ 3 ใบวางชิดกัน มีน้ำสะอาดบรรจุอยู่ การใช้งานก็คือเมื่อเสร็จขั้นของการทำความสะอาดด้วยไฟฟ้าแล้ว ชิ้นงานจะถูกหิ้วลงไปจุ่มในถังที่หนึ่ง เพื่อเอาน้ำยาออก จากนั้นจึงหิ้วขึ้นจุ่มลงไปในถังที่ 2 และ 3 ต่อกันไป ถังที่ 3 จะทำพิเศษคือมีน้ำประปาไหลล้นตลอดเวลา เพื่อให้น้ำมีความสะอาดเสมอ

3.3.4 ถังบรรจุกรดกำมะถันเจือจาง เพื่อทำ Anodic Etching ถังบรรจุ เช่นเดียวกับ ข้อ 3.3.2 เพียงแต่น้ำยาจะผสมกรดกำมะถัน 30% การทำ Anodic จำเป็นอย่างยิ่งสำหรับงานที่เป็นเหล็กเหนียวหรือเหล็กชุบแข็ง วิธีการทำก็คือ จุ่มงานอยู่ในน้ำยา โดยให้เป็นขั้วบวก ขั้วลบใช้แผ่นเหล็กธรรมดาผ่านกระแสไฟ ให้มีความหนาแน่น 250 แอมป์/ตารางฟุต ลงไป เวลาสำหรับ Etching นี้ขึ้นกับกรณีต่อไปนี้

ก. เหล็กเหนียว หรือ เหล็กชุบแข็ง ที่ต้องการชุบบาง ๆ ใช้เวลากัดกรด 3–5 วินาที

ข. ถ้าต้องการชุบหนาๆต้อง กัดกรด 3–5 นาที จนกระทั่งได้ผิวงานเป็นสีขาวเทา

ค. เหล็กหล่อ ใช้เวลา 20 วินาที แต่ต้องนำไปแปรงในน้ำสะอาดเพื่อกำจัด Film บาง ๆ ของคาร์บอนออก

ง. เหล็กสเตนเลส ใช้เวลาประมาณ 30 วินาที

จ. เหล็กนิเกิล ใช้เวลา 10 นาที สำหรับการกัดกรด แต่ต้องใช้กระแสไฟต่ำ ๆ

ฉ. ทองเหลืองและบรอนซ์สามารถกัดกรดได้เช่นกัน แต่จะเกิดเป็นรอยด่าง ๆ ซึ่งต้องนำไปแปรงเช่นข้อ ค.

เราทำ Anodic Etching เพื่ออะไร อธิบายได้ว่า

การที่ชิ้นงานถูกขัดจนเรียบเป็นเงา เมื่อนำไปชุบเคลือบผิวด้วย ฮาร์ดโครม ก็คล้ายกับเอากระดาษทากาวไปปิดบนแผ่นกระจก สามารถที่จะกะเทาะ ร่อนหลุดออกมาได้ง่าย, **การทำ Anodic Etching จะทำให้ โมเลกุลของผิวงาน ทำปฏิกริยา หลุดออกจาก**

ผิว เป็นหลุมเล็กๆ เต็มไปหมด ต่อไปเมื่อนำไปชุบฮาร์ดโครม โมเลกุลของฮาร์ดโครมจะเข้าไปจับเกาะแทนที่ ทำให้ผิวโครเมี่ยมมีหลักยึดเหนี่ยวได้แน่น ดังนั้นโอกาสที่จะร่อนหลุดจึงยากมาก

4) เทคนิคในการปฏิบัติงานชุบฮาร์ดโครม

4.1 ลำดับขั้นตอน โดยละเอียดของการชุบฮาร์ดโครม

1. ชิ้นส่วนที่ต้องการชุบ จะถูกลำเลียงเข้ามาที่แผนกทำความสะอาด
2. ทำการขัดด้วยเครื่องขัด ใช้ลูกล้อขัด ตามลำดับขั้น จากหยาบไปหาละเอียดด้วยผงขัดเบอร์ต่างๆ
3. นำชิ้นงานที่ขัดไปล้างด้วยน้ำมัน เพื่อกำจัด คราบน้ำมัน จารบีออก
4. ล้างด้วยผงซักฟอก หรือโซดาไฟ
5. จัดการผูกมัดด้วยลวด แล้วนำไปแขวนล้างด้วยไฟฟ้าในถังน้ำยา
6. ยกออกแล้วจุ่มลงไปล้างในถังน้ำสะอาด 3 ขั้นตอน
7. ทำ Anodic Etching
8. ยกออกแล้วจุ่มลงไปล้างในถังน้ำสะอาด 3 ขั้นตอน
9. ยกชิ้นงานไปแขวนไว้ในถังชุบฮาร์ดโครม
10. ตั้งกระแสไฟ แล้วสับสะพานไฟ ให้ไฟฟ้าไหลในวงจร ดำเนินการชุบนานเท่าที่ต้องการใช้งาน
11. ยกชิ้นงานออก จุ่มลงไปในถังน้ำ 3 ขั้นตอน
12. แกะลวดที่ผูกมัดออกแล้วเป็นอันเสร็จ

การผูกมัดในงานนี้ อาจทำการผูกมัดด้วยลวดทองแดงขนาดเหมาะสม หรือทำเป็นแบบจับยึดพิเศษ ในกรณีชุบงานจำนวนมากๆ ก็ได้

4.2 ประสิทธิภาพของการชุบฮาร์ดโครม

ประสิทธิภาพของการชุบฮาร์ดโครม ในที่นี้ เราจะพูดในแง่ปริมาณกระแสไฟที่ใช้ไปในการแยกโครเมี่ยม ให้ไปจับเกาะที่ชิ้นงาน ก่อนที่จะพูดถึงเรื่องประสิทธิภาพ จะขอนำกฎการแยกสารละลายด้วยไฟฟ้า ของฟาราเดย์ ซึ่งกล่าวไว้ว่า

"ปริมาณมวลสารที่แยกตัวออกมาจาก อีเลคโตรไลท์ โดยกระแสไฟฟ้านั้น เป็นปฏิภาคโดยตรงกับปริมาณไฟฟ้าที่ไหลผ่านลงไปในอีเลคโตรไลท์นั้น

ดังนั้น $M = eIt$ .....(1)

เมื่อ M = ปริมาณโครเมี่ยมที่แยกตัวออกมาจากอีเลคโตรไลท์ มีหน่วยเป็นกรัม

e = สมมูลย์ไฟฟ้าเคมี ของโครเมี่ยม วาเลนซี 6

= 0.0000898 กรัม ต่อ คูลอมบ์

I = กระแสที่ไหลผ่านอีเลคโตรไลท์มีหน่วยเป็นแอมแปร์

t = เวลาเป็นวินาทีที่ใช้ในการผ่านกระแสไฟไปในวงจร

จากสมการ (1) M กรัมของโครเมี่ยม ถูกแยกออกมาจากปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ผ่านเข้าไป โดยประสิทธิภาพ 100% แต่จากความเป็นจริงแล้วในการชุบโครเมี่ยมนั้น ปริมาณกระแสไฟที่ใช้ไปนั้นไม่ได้นำไปแยกโครเมี่ยมออกจากอีเลคโตรไลท์ทั้งหมดเลยทีเดียว ทั้งนี้เพราะระหว่างปฏิกริยา จะเกิดการแยกน้ำด้วยไฟฟ้าขึ้นด้วย จนเกิดเป็นฟองเดือดขึ้นมา ดังนั้นจึงจำเป็นอย่างยิ่งที่เราจะต้องหาประสิทธิภาพในการชุบในระบบของถังชุบของเรา โดย

$$\text{ประสิทธิภาพ} = \frac{\text{นน. ของโครเมี่ยมที่แยกออกมาจริง ๆ}}{\text{นน. ของโครเมี่ยมที่ควรแยกได้ตามทฤษฎี}} \times 100\%$$

ตัวอย่างการหาประสิทธิภาพของระบบการชุบ

เราใช้ตัวอย่างชิ้นงานชิ้นหนึ่งมีพ.ท.ผิว = 96.12884 ตารางซม.

ทำการชุบในน้ำยาฮาร์ดโครม กระแสไฟ = 100 แอมแปร์

ในเวลาทำการชุบ 120 นาที = 7200 วินาที

ได้ผิวฮาร์ดโครมหนา = 0.006985 ซม.

∴ ปริมาตรของโครเมี่ยมที่แยกมาได้ = 0.006985×96.12884 ซม.^{3}.

= 0. 6714599 ซม.^{3}.

เนื่องจากความหนาแน่นของโครเมี่ยม = 7. 14 กรัม ต่อ ซม.^{3}.

∴ นน.โครเมี่ยมที่ชุบได้ = 4. 7942236 กรัม

แต่จากทฤษฎี M = eIt

= $0.0000898 \times 100 \times 7200$

= 64. 656 กรัม

∴ ประสิทธิภาพ = $\frac{4.7942236}{64.656} \times 100$

= 7.41497 %

ตัวเลขที่นำมาแสดงนี้เป็นเลขจำนวนจริง ๆ ที่ได้จากการทำการทดลอง จะเห็นว่าการชุบฮาร์ดโครมมีประสิทธิภาพของการชุบต่ำมาก แค่ 7.4 % อีก 92.6 % สูญเสียไปในการแยกน้ำด้วยไฟฟ้าเป็นแกสลอยขึ้นมา

เราหาค่าประสิทธิภาพของระบบการชุบเพื่ออะไร

ตอบได้ว่า เราหาเพื่อที่จะนำค่าประสิทธิภาพนี้ไปคำนวณเวลาในการชุบงานอื่นๆ ซึ่งเราต้องการ เนื่องจากถังชุบฮาร์ดโครมมีลักษณะขนาดต่าง ๆ กัน ย่อมมีประสิทธิภาพไม่เท่ากัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับส่วนผสมของน้ำยาและจำนวนพื้นที่ของ cathode ต่างกัน ดังนั้นจึงพูดง่าย ๆ ว่า ประสิทธิภาพของถังชุบทุกถัง จำเป็นต้องหาออกมาเพื่อที่จะนำไปใช้ในการคำนวณเวลาในการชุบครั้งต่อไป

ยกตัวอย่าง งานชิ้นหนึ่งเราต้องการชุบฮาร์ดโครเมียมในถังน้ำยาที่มีประสิทธิภาพ 7.41497 % งานชิ้นนี้มีพื้นที่ผิว 120 ซม.^{2} ต้องการชุบฮาร์ดโครมหนาขึ้นมา 0.0127 ซม. เราจะใช้เวลาในการชุบนานเท่าไร ถ้ากระแสไฟที่ใช้ = 56 แอมป์

วิธีคำนวณ $\therefore$ ปริมาตรของโครเมี่ยมที่ต้องการชุบ = 120×0.0127 ซม.^{3}

$\therefore$ น้ำหนักของโครเมี่ยม $= 7.14 \times 120 \times 0.0127$ กรัม

$= 10.88136$ กรัม

จากสูตร $M = eIt$

$$t = \frac{M}{eI} = \frac{10.88136}{0.0000898 \times 56} = 2163.8 \text{ วินาที}$$

แต่ประสิทธิภาพของระบบ = 7.41497 %

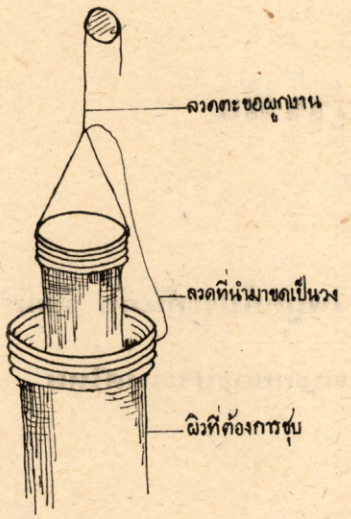
$\therefore$ เวลาที่ใช้ชุบจริง ๆ $= \frac{2163.8 \times 100}{7\ 41497} = 29181.5$ วินาที = 8 ชั่วโมง 6 นาที 21 วินาที

การไหม้ของผิวฮาร์ดโครม

การไหม้ของผิวฮาร์ดโครม คือปรากฏการณ์ที่ผิวฮาร์ดโครมที่เราชุบเกิดเป็นสีเทาคล้ำ หรือเกิดการแตกร้าว มักเกิดขึ้นในการชุบที่ต้องการความหนามาก ๆ และใช้เวลานาน ๆ บริเวณที่เกิดมักจะเป็นส่วน ขอบ มุม หรือปลายที่มีส่วนแหลมยื่นออกมา เหตุที่เกิดขึ้นอธิบายได้ว่า เป็นธรรมชาติของประจุไฟฟ้าที่ชอบมารวมกันอยู่ตรงส่วนมุม หรือปลายแหลมของตัวนำ ในการชุบของเรา อิออนของโครเมี่ยม ที่แตกตัวอยู่ในสารละลายอีเลคโตรไลท์ก็เช่นกัน จะวิ่งมาเกาะตรงบริเวณส่วนแหลมของชิ้นงาน ดังนั้นบริเวณนั้นจึงมีความหนาแน่นไฟฟ้ามากกว่าบริเวณอื่น ๆ ในชิ้นงานเดียวกัน การที่มีความหนาแน่นของไฟฟ้ามากกว่านี้เอง จึงทำ

ให้เกิดการจับเกาะที่หนากว่าส่วนอื่น ๆ และผิวเกิดการไหม้ขึ้น บางครั้งเกิดการแตกร้าวเพราะความเครียดของตัวมันเอง

วิธีป้องกันอาการไหม้ของผิวทำได้ดังนี้



1) หาขดลวดตัวนำมาวงรอบชิ้นงานตรงส่วนที่เป็นเหลี่ยมมุมหรือปลายแหลม วิธีนี้วงแหวนขดลวดจะทำหน้าที่ป้องกัน โดยทำให้สนามไฟฟ้าตรงกลางวงแหวนน้อยลง และอนุภาคโครเมี่ยมจะถูกดักให้ไปจับเกาะที่ขดลวดรอบ ๆ แทน

2) ใช้ฉนวนไฟฟ้า เช่น แผ่น PVC, กระจก มาแขวนบังส่วนมุม หรือปลายนั้นเสีย จะทำให้เส้นแรงสนามไฟฟ้าในการชุบเบี่ยงเบนไป ดังนั้นจึงไม่เกิดการไหม้ขึ้น

วิธีป้องกันส่วนที่ไม่ต้องการชุบไม่ให้ถูกจับเกาะ

บางกรณีชิ้นงานชิ้นหนึ่ง บางส่วนไม่ต้องการให้มีโครเมี่ยมไปจับเกาะ เพราะไม่ได้ใช้งาน เราสามารถที่จะปกป้องส่วนที่ไม่ต้องการให้มีโครเมี่ยมไปจับเกาะโดยการใช้ฉนวนมาหุ้มไว้ เช่นผ้าเทปพันสายไฟ หรือ น้ำพลาสติกเหลวมาทาหุ้มไว้ วิธีนี้จะช่วยป้องกันไม่ให้โครเมี่ยมมาจับเกาะตรงส่วนนั้นได้

จากเนื้อหาสาระที่ข้าพเจ้าได้ค้นคว้า ได้ทดลองทำดู และได้กล่าวมาทั้งหมดนี้ คิดว่ายังไม่สมบูรณ์มากนัก เทคนิคต่าง ๆ ในการปฏิบัติจริง ยังมีอีกมาก ปัญหาจะเกิดขึ้นทุก ๆ ครั้งที่ลักษณะงานเปลี่ยนไป การปฏิบัติการชุบต้องพิถีพิถันทั้งในด้านการเตรียมงาน การคำนวณ การที่จะทำงานให้ได้ผลสมบูรณ์นั้นขึ้นอยู่กับประสบการณ์ในการปฏิบัติ การค้นคว้าความรู้ใหม่ ๆ จากการอ่านตำรา และการสอบถามจากผู้ทรงคุณวุฒิ จึงควรคำนึงถึงอยู่เสมอ

Reference

1. Hard Chromium Plating
By J. David Greenwood
2. Workshop Technology Part 3
By W.A.J. Chapman
3. Modern Workshop Technology Part 1
By H. Wright Baker
4. Machinery Hand book
By Erik Oberg & Franklin D. Jones

ด้วยอภินันทนาการ

จาก

นายวานิช ไชยวรรณ

กรรมการผู้อำนวยการ

บริษัท ไทยประกันชีวิต จำกัด **บริษัท ไพบูลย์ประกันภัย จำกัด**

บริษัทประกันชีวิต และ ประกันภัย แห่งแรกของประเทศไทย

บริษัท ประกันภัยสากล จำกัด

THE INTERNATIONAL ASSURANCE CO., LTD.

538,538/1–2 วงเวียนปทุมวัน กรุงเทพมหานคร

โทร. 518714, 518715, 511776.

รับประกัน – **อัคคีภัย**

– **อุบัติเหตุรถยนต์**

– **ภัยทางทะเล**

– **อุบัติเหตุเดินทาง**

– **อุบัติเหตุส่วนบุคคล**

ต่างจังหวัดติดต่อสาขา บริษัท กลการ จำกัด

และตัวแทนทั่วราชอาณาจักร

การผลิตเหล็กเหนียวจากเตา
Side Blown Converter

ประวิทย์ โรจน์ขจรนภาลัย
นักศึกษาภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

เหล็กหล่อที่ใช้งานทางวิศวกรรมที่สำคัญ ได้แก่ เหล็กหล่อสีเทา ที่ผลิตจากเตาคิวโปล่าซึ่งใช้ถ่านโค้กเป็นเชื้อเพลิง ส่วนเหล็กหล่ออีกประเภทหนึ่งที่กำลังทวีความสำคัญขึ้นทุกวันในตลาดเมืองไทย ได้แก่ เหล็กเหนียวหล่อ (Cast Steel) กรรมวิธีการผลิตเหล็กเหนียวนี้มีขบวนการต่าง ๆ กันขึ้นอยู่กับชนิดของเตาที่ใช้ทำการผลิต เช่น

ก. ผลิตจากเตา open heart ซึ่งใช้น้ำมันเป็นเชื้อเพลิง

ข. เตาไฟฟ้าแบบอ๊าค

ค. เตาไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำความถี่สูง

ง. เตา converter

หลักการในการผลิตจากเตาต่างๆ เหล่านี้คล้ายกันคือ นำ raw material ซึ่งอาจเป็น

1) น้ำเหล็ก pig iron จากเตา blast

2) เศษเหล็กเหนียวที่เหลือใช้จากขบวนการผลิตต่าง ๆ

3) น้ำเหล็ก pig iron ผสมกับเศษเหล็กเหนียว

โดย raw material เหล่านี้จะถูกขบวนการกำจัดสิ่งเจือปนต่าง ๆ ในน้ำโลหะ เช่น C Si Mn P และ S ให้มีเหลืออยู่ในปริมาณที่เหมาะสม **โดยเฉพาะ P กับ S ทั้งสองตัวนี้ต้องกำจัดให้เหลือน้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้**

การที่เราจะเลือกเอากรรมวิธีใดในการผลิตเหล็กเหนียวนั้น ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบต่าง ๆ กัน คือ

1) ขึ้นอยู่กับปริมาณการผลิตต่อวัน ว่ามีจำนวนมากน้อยเพียงใด

2) ขึ้นอยู่กับคุณภาพของเหล็กที่ต้องการผลิต เพื่อการใช้งานที่เหมาะสม

3) ขึ้นอยู่กับขนาดน้ำหนักของชิ้นงานที่ต้องการผลิต ว่ามีขนาดใหญ่เล็กเพียงใด

4) ขึ้นอยู่กับการที่ชิ้นงานที่ต้องการหล่อว่ามีรูปร่างยุ่งยากซับซ้อนหนาบางอย่างไร

5) วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต รวมทั้งราคาที่สามารถจัดหาได้จากตลาด

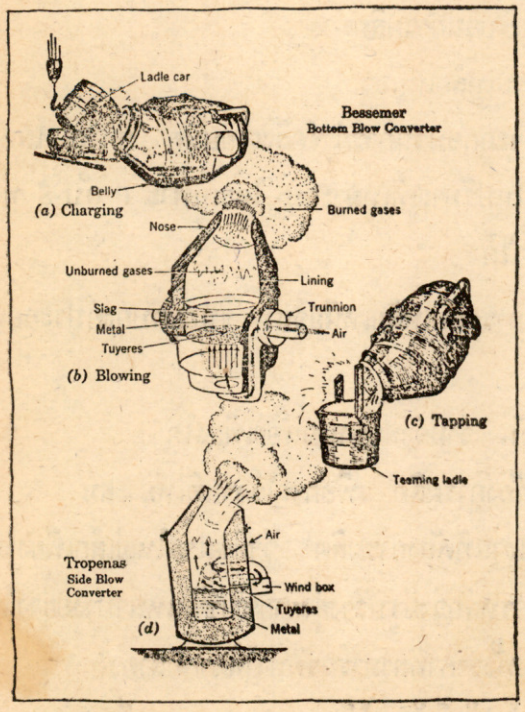
6) แหล่งเชื้อเพลิง และพลังงานไฟฟ้าที่จัดหาได้สะดวก และราคาที่เหมาะสม

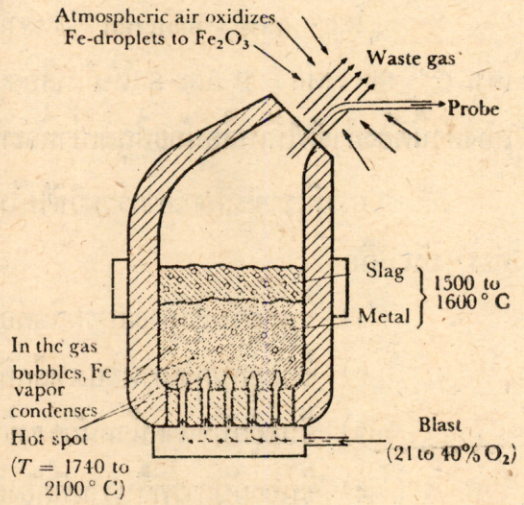
7) จำนวนเงินของการลงทุนตั้งโรงงาน

8) ความชำนาญและประสพการณ์ที่มีมาก่อน บุคคลากรและนักวิชาการ

การผลิตเหล็กเหนี่ยวจากเตา Converter จะเป็นกรรมวิธีที่จะเลือกกล่าวถึง กรรมวิธีของการผลิตก็คือ นำน้ำโลหะจากเตา Blast หรือเตา Cupola มาบรรจุลงในเตา Converter แล้วทำการพ่นลมหรือออกซิเจนผ่านน้ำโลหะเหลว จะเกิดปฏิกริยาอ๊อกซิไดซ์ โดยออกซิเจนจะไปรวมตัวกับสิ่งเจือปนต่าง ๆ เช่น C Si Mn แล้วเผาไหม้แยกตัวออกจากน้ำโลหะ การพ่นลมเข้าไปในน้ำเหล็กทำได้โดยฉีดลมซึ่งมีความดันผ่านทางนมหนูซึ่งฝังตัวอยู่ในวัสดุทนไฟที่ใช้บุก้นเตา แต่กรรมวิธีพ่นลมจากก้นเตานี้มีข้อเสียอยู่ที่ว่า ขณะทำการอ๊อกซิไดส์ ตรงบริเวณใกล้ ๆ นมหนูหัวฉีดลมจะเกิดเป็น hot spot ซึ่งมีความร้อนสูง อุณหภูมิจะสูงถึง 1740–2100 °C ซึ่งวัสดุทนไฟฟ้าที่ใช้ทำนมหนูหรือใช้บุก้นเตา มักจะสึกหรอได้อย่างรวดเร็ว ดังนั้นจึงมีผู้คิดค้นกรรมวิธีใหม่ โดยการพ่นจากปากเตา Converter โดยใช้ท่อลม (Lance) หรือพ่นจากด้านข้างของเตาทำมุมพอสมควรที่จะให้ลำของอากาศกระทบผิวหน้าของน้ำโลหะเพื่อการทำปฏิกริยา เช่นเตา Side Blown Converter เป็นต้น

การที่เปลี่ยนวิธีการพ่นลมผ่านทางก้นเตาเกิดฟองอากาศแทรกตัวผ่านน้ำเหล็ก - มาเป็นการพ่นลมกระแทกผิวน้ำโลหะด้านบนนี้ มีข้อดีคือ ทำให้ปริมาณการแทรกซึมของ





ไนโตรเจนในน้ำเหล็กมีน้อยลง ซึ่งเป็นผลดี คือได้น้ำเหล็กที่มีคุณภาพดี มีความเหลวตัวต่อการไหล (Fluidity) สูง เหล็กที่ได้มีความเหนียว (Ductility) มากขึ้นเพราะ FeN_4 ซึ่งเกิดจากไนโตรเจนจากอากาศเกิดขึ้นน้อย

ได้มีผู้เปรียบเทียบการผลิตเหล็กเหนียวจากเตา Open Heart และจากเตาไฟฟ้ากับเตา Side Blown Converter ไว้ดังนี้

ข้อดี

1) สามารถทำการผลิตเหล็กเหนียวในปริมาณเล็กน้อยได้ ซึ่งเหมาะกับโรงหล่อเล็ก ๆ ซึ่งมีงานหล่อเหล็กเหนียวไม่มากนัก

2) ต้องการกำลังไฟฟ้าในขบวนการน้อยมาก

3) ถ้าปฏิบัติตามขั้นตอนได้ถูกต้อง จะให้ประสิทธิภาพในการผลิตสูง

4) อุปกรณ์สร้างได้ง่าย มีชิ้นส่วนไม่ยุ่งยากซับซ้อน การฝึกฝนคนงานทำได้ง่าย

6) สามารถที่จะทำเหล็กกล้าผสมได้ โดยการเติมสาร Ferro Alloys ลงในเบ้าขณะทำการผลิต

ข้อเสีย

1) ต้องการน้ำโลหะจากเตา Blast หรือ Cupola ที่มี % S และ P ค่อนข้างต่ำ ในกรณีที่วัสดุทนไฟที่ใช้บุเตามีสภาพเป็นกรด

2) มีปริมาณการสูญเพลิงสูงมาก

แต่ข้อบกพร่องเหล่านี้สามารถกำจัดได้ โดยการใช้ออกซิเจนแทนอากาศพ่นลงไปในน้ำเหล็ก และการใช้วัสดุทนไฟที่มีสภาพด่างแทน หรืออาจจะใช้กรรมวิธี Vacuum Treatment ภายหลังการพ่นลมแล้วก็ได้

จากข้อเปรียบเทียบเหล่านี้จะเห็นว่า การผลิตโดยเตา Side Blown Converter นั้นดีกว่า ทั้งในแง่ ต้นทุนการผลิต กรรมวิธีที่ง่าย ๆ และการจัดสร้างอุปกรณ์ ซึ่งเหมาะกับตลาดบ้านเราซึ่งโรงหล่อเล็ก ๆ โดยมากมีกำลังการผลิตน้อย และส่วนใหญ่ก็มีเตา Cupola ซึ่งสามารถผลิตน้ำเหล็กป้อนให้ได้อยู่แล้ว

บางคนอาจมีความสงสัยว่า **ทำไมเตา Side blown Converter จึงสามารถผลิตเหล็กเหนียวที่มีอุณหภูมิสูงได้** ดังจะได้อธิบายถึงขั้นตอนของปฏิกริยาดังต่อไปนี้

ตอนแรก เมื่อเราเริ่มเทน้ำโลหะจากเตา Cupola ลงใน converter อุณหภูมิของโลหะเหลวในขณะนั้นจะประมาณ 1250° C และผิวหน้าของน้ำเหล็กจะยังไม่มี Slag ปกคลุมอยู่เลย เมื่อเราเริ่มพ่นลมลงไป ออกซิเจนจะทำปฏิกริยากับน้ำเหล็กได้เป็นเฟอรัสออกไซด์ (FeO) ออกไซด์ที่ได้นั้นเองจะเริ่มทำปฏิกริยากับสิ่งเจือปนต่าง ๆ ในน้ำโลหะ และเริ่มต้นที่บริเวณผิวน้ำ

โลหะดังนี้

1) $2\,FeO + Si \rightarrow 2\,Fe + SiO_2 + 78{,}990{,}000$ แคลอรี่

2) $FeO + Mn \rightarrow Fe + MnO + 32{,}290{,}000$ แคลอรี่

ปฏิกริยาตัวสมการ 1) และ 2) เป็นปฏิกริยา Exothermic Reaction คือปฏิกริยาที่เมื่อรวมตัวทางเคมีแล้วให้ความร้อนเกิดขึ้น ดังนั้นอุณหภูมิของน้ำโลหะเริ่มสูงขึ้นจาก 1250° C ขึ้นมาจนถึงอุณหภูมิ 1450° C

ขั้นที่สอง เมื่อน้ำโลหะมีอุณหภูมิสูงขึ้นถึง 1450° C แล้ว Carbon ในน้ำโลหะก็เริ่มทำการเผาไหม้

3) $C + O_2 \rightarrow CO_2 + 97{,}650{,}000$ แคลอรี่

4) $C + \frac{1}{2}O_2 \rightarrow CO + 29{,}970{,}000$ แคลอรี่

5) $CO + \frac{1}{2}O_2 \rightarrow CO_2 + 67{,}630{,}000$ แคลอรี่

6) $FeO + C \rightarrow Fe + CO - 34{,}460{,}000$ แคลอรี่

จากการพิจารณาตอนเริ่มของปฏิกริยา จะเกิด FeO ขึ้นมากมายปกคลุมน้ำเหล็กอยู่ แล้วจึงเริ่มปฏิกริยา Exothermic ของ Si และ Mn ถ้าในขณะนั้นวัสดุทนไฟที่ใช้บุเตา Converter มีอุณหภูมิต่ำกว่า 1250° C ความร้อนที่ได้จากปฏิกริยาส่วนหนึ่ง จะถูกส่งถ่ายไปให้ตัวเตาซึ่งบุด้วยวัสดุทนไฟซึ่งมีค่าความจุความร้อนค่อนข้างสูง จนมีอุณหภูมิตัวเตาสูงขึ้น ถ้าเป็นไปตามกรณีนี้จะปรากฏควันสีน้ำตาลพ่นออกจากปากเตาภายหลังจากทำการพ่นลมแล้ว 15–20 นาที เมื่อสิ้นปฏิกริยาแล้ว อุณหภูมิของน้ำเหล็กจะลดลง ซึ่งมักจะทำให้เกิดปัญหาเรื่องแข็งคาเตา หรืออุณหภูมิเทของน้ำโลหะไม่สูงพอ เกิดปัญหาทำให้ชิ้นงานที่หล่อเสียหายได้ ดังนั้นในการหลีกเลี่ยงปัญหาเหล่านี้ ตัวเตา Converter จะต้องถูกสุมไฟด้วยถ่านโค๊กจนมีอุณหภูมิประมาณ 1350° C – 1400° C ก่อนที่จะรินน้ำเหล็กลงไป

จากปฏิกริยาทั้ง 6 สมการดังแสดงไว้ตอนต้น ถ้าปฏิกริยาเหล่านี้สิ้นสุดแล้ว เรายังจะมีการพ่นลมลงไปต่อ ปฏิกริยาจะเกิดดังนี้

7) $2\,P + 8\,(FeO) \rightleftharpoons (FeO)_3 . P_2O_5 + 5\,Fe - 78450$ แคลลอรี่

8) $O_2 + 2\,Fe \rightarrow 2\,FeO$ กลายเป็น slag ลอยขึ้นมา

หมายความว่า ถ้าปฏิกริยามาถึงขั้นที่ 8 แล้ว ถ้ายังทำการพ่นต่อไป ผลที่ได้จะเป็น Slag อย่างเดียว จึงมองเห็นชัดว่า % S ในน้ำเหล็กไม่มีทางที่จะถูกกำจัดให้เผาไหม้ไปได้เลย การที่จะควบคุมปริมาณ S ในน้ำเหล็กนั้น จะต้องทำมาก่อนที่จะรินลงสู่ Converter แสดงว่าเราจะต้องเลือกน้ำเหล็กจากเตา Cupola ที่มี % S ค่อนข้างต่ำ หรือไม่ก็ต้องกำจัด S โดยการ

ผสม Na_2CO_3, FeMg หรือ CaC_2 ในเบ้าน้ำเหล็กทันทีที่เจาะน้ำเหล็กออกจากเตา Cupola

ความร้อนของปฏิกริยาส่วนใหญ่ จะเกิดจากการเผาไหม้ของ Si ดังนั้นในบางครั้งที่น้ำเหล็กมี % Si ต่ำเกินไป เราจะต้องเติม Ferro Silicon ลงไปในเตาด้วย เพื่อที่จะได้ความร้อนจากปฏิกริยาเคมีเพียงพอ

Kryanin ชาวรัสเซีย ได้ทำการผลิตเหล็กกล้าจาก Side Blown Converter โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

HIGH SILICON PROCESS

น้ำเหล็กจากเตา Cupola มีส่วนผสมเคมีดังต่อไปนี้

% C	% Si	%M n	% S	% P
3.25–3.60	1.17–1.18	0.55–0.85	0.036–0.056	0.060–0.03

อุณหภูมิของน้ำเหล็กจากเตา Cupola 1260°C

อุณหภูมิของตัวเตาเมื่อสุมไฟแล้ว 1350°C

ปริมาณ FeSi ที่เติมลงไปในน้ำเหล็ก 35 Kg/ton น้ำเหล็ก

เวลาที่ใช้ทำปฏิกริยา 20 นาที

ได้ส่วนผสมทางเคมีของน้ำโลหะ ดังนี้

% C	% Si	% Mn	% S	% P
0.04–0.10	0.01–0.20	0.04–0.06	0.034–0.044	0.052–0.07

อุณหภูมิของน้ำโลหะในเตา 1720–1760 °C

อุณหภูมิขณะเท 1550–1585 °C

ความดันของลมที่ใช้ในการพ่นน้ำเหล็กในเตา Side Blown Converter จะมีค่าประมาณ 0.2–0.4 บรรยากาศ ความเร็วของกระแสลมที่พ่นเข้าไปสำหรับเตา Converter ขนาด 1½ ตัน จะไม่น้อยกว่า 75 ลูกบาศก์เมตร/นาที

ขนาด 2½ ตัน จะไม่น้อยกว่า 100 ลูกบาศก์เมตร/นาที

ความต้องการของปริมาณลมที่ใช้ในการพ่นน้ำเหล็ก 1 ตัน ไม่ควรต่ำกว่า 800 ลูกบาศก์เมตร ถ้าในการพ่นโดยใช้ก๊าซออกซิเจนแทนอากาศ เราจะใช้ความดันของลม

ประมาณ 145 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว

นมหนูที่ใช้พ่นลมเข้าไปในเตา จะต้องมีขนาดพื้นที่หน้าตัดสัมพันธ์กับปริมาณน้ำเหล็กที่เราบรรจุเข้าไป โดยทั่วไป น้ำเหล็ก 1 ตันจะต้องใช้นมหนูซึ่งมีหน้าตัดรวมกันไม่น้อยกว่า 30–40 ตารางเซนติเมตร นมหนูที่ใช้พ่นลมอาจจะมีเพียงอันเดียวหรือหลายอันวางติด ๆ กัน แต่**การใช้นมหนูมากอัน จะให้ผลดีกว่า ในแง่ที่ทำให้ขบวนการพ่น เรียบ ดีกว่า และสะเก็ดประกายไฟน้อยกว่า อีกทั้งยังทำให้ฝาผนังเตาซึ่งบุด้วยวัสดุทนไฟมีอายุการใช้งานนานขึ้น** อายุการใช้งานเฉลี่ยของวัสดุบุเตาจะประมาณ 100 ครั้งของการพ่น ส่วนมากจะสึกหรอตรงบริเวณแนวระดับรูพ่นลม

การที่เราจะทราบว่าปฏิกริยาของน้ำโลหะไปถึงขั้นตอนใด เราจะสังเกตจากเปลวไฟซึ่งพ่นออกจากปากเตา กล่าวคือ เมื่อหนึ่งหรือสองนาทีแรกของการพ่นจะปรากฏเป็นควันสีน้ำตาลพวยพุ่งออกมา ต่อมากลายเป็นควันสีดำสลับเปลวไฟแล้วจะกลายเป็นเปลวสว่างขึ้น ซึ่งความยาวของเปลวไฟจะขึ้นอยู่กับความรุนแรงของปฏิกริยาการสันดาปของคาร์บอนในน้ำโลหะ สำหรับเตาขนาด 10 ตัน ตอนเริ่มต้นเปลวไฟที่พุ่งออกมาจะสั้น จนในที่สุดอาจพุ่งออกมาไกลถึง 3–4 เมตร ความโชติช่วงของเปลวไฟจะบ่งบอกถึงอุณหภูมิภายในด้วย เปลวควันสีน้ำตาลจะแสดงว่าน้ำเหล็กกำลังถูกเผาไหม้ และ Si กำลังทำปฏิกริยาขั้นที่ 1 ช่วงเวลาตอนนี้จะประมาณ 6–8 นาทีหรือมากกว่านี้ ต่อมา จะเกิดสะเก็ดประกายไฟแตกกระจายพุ่งออกจากปากเตา แสดงว่าคาร์บอนในน้ำโลหะกำลังถูกสันดาปแล้ว อุณหภูมิจะไม่ต่ำกว่า 1450°C เปลวไฟจะมืดลง แสดงว่า CO กำลังสันดาป กลายเป็น CO_2 เปลวไฟจะหดสั้นลง ซึ่งแสดงว่า ขณะนั้นการพ่นลมจะก่อให้เกิดผลเสีย คือเหล็กจะถูกเผาไหม้ไป น้ำโลหะจะเดือดพล่านคล้ายกับปฏิกริยาในเตา Open heart บางครั้งอาจเดือดพล่านจนของเหลวทะลักออกจากปากเตา ถ้าเกิดกรณีเช่นนี้ขึ้น เราต้องจัดการลดปริมาณลมให้พ่นน้อยลงประมาณครึ่งหนึ่ง ปฏิกริยาก็จะคืนสู่ปกติ น้ำโลหะจะถูกตักออกไปเล็กน้อยเป็นตัวอย่างในการตรวจสอบส่วนผสมในห้องแลบ ภายหลังจากการปรับส่วนผสมของ C และ Si แล้ว น้ำโลหะจะถูกรินลงสู่เบ้ารับน้ำโลหะ ซึ่งอาจมีการเติม FeMn ลงไปในเบ้า เพื่อปรับส่วนผสมของ Mn ทดแทนส่วนของ Mn ซึ่งถูกเผาไหม้ไปในตอนต้น ๆ น้ำโลหะยังคงเดือดเป็นฟองอยู่ ทั้งนี้เนื่องจาก FeO ซึ่งละลายอยู่ยังทำปฏิกริยากับ Carbon เกิดเป็นแก๊ส CO ขึ้นดังสมการ

$$FeO + C \rightarrow Fe + CO$$

ดังนั้น ก่อนที่จะนำไปเทลงในแบบ จะต้องทำการไล่ O_2 ซึ่งแฝงตัวในรูป FeO ออก โดยใช้สาร Deoxidized เติมลงไปในเบ้าน้ำเหล็ก เช่น แผ่นอลูมิเนียมชิ้นเล็ก ๆ บาง ๆ ในปริมาณ

ที่คำนวณออกมาพอเหมาะกับปริมาณน้ำเหล็ก สาร Deoxidized จะทำปฏิกริยากับ O_2 ที่แฝงอยู่ในน้ำเหล็ก กลายเป็นSlag ลอยตัวขึ้นมาในรูป Al_2O_3 ดังนั้น การเดือดจะหยุด จึงนำน้ำโลหะไปเทลงแบบได้ อุณหภูมิเทจะไม่ต่ำกว่า 1550–1580 °C

การทำเหล็กโลหะผสมพิเศษ เช่น ผสมนิเกิล, ทองแดง สารเหล่านี้จะเติมลงไปในน้ำโลหะตอนแรก ๆ ก่อนรินน้ำเหล็กลงสู่เตา Converter โดยทีเดียว แต่ถ้าจะผสมโครเมี่ยม, แวนนาเดียม โมลิบดีนัม และอื่น ๆ จะเติมลงในเบ้ารับน้ำโลหะก่อนที่จะรินน้ำเหล็กซึ่งผ่านการพ่นลมแล้ว ลงไปในเบ้า

สำหรับการทำเหล็กผสมพิเศษด้วยเตา Converter บางตำราบอกว่าทำไม่ได้เลย แต่บางตำราก็บอกว่าทำได้ เพียงแต่ควบคุมส่วนผสมได้ลำบากกว่าเท่านั้น จากเนื้อหาที่กล่าวมานี้เป็นเพียงหลักการพื้นฐานของเตา Converter เท่านั้น รายละเอียดนอกเหนือจากนี้จะต้องค้นคว้าจากตำรา ในห้องสมุดของสถาบัน ฯ ซึ่งมีอยู่หลายเล่ม ซึ่งกล่าวถึงขบวนการผลิตเหล็กเหนียวจากเตา Converter

Reference

1) Steel making, Open hearth and Combined process
By K.G. Trubin G.N. Oiks
2) Iron and Steel Production
By K. Bugayev, Y. Bychkov
Y. Konovalov, V. Kovalenko
F. Tretyakov
3) Open–Hearth Steel making Practice
By M. Sosnenko
4) Gas–Metal Kinetics in Steel making
By Dr. L. Von Bogdandy
5) Steel Making Practice By Biduya, P.

ด้วยอภินันทนาการ

จาก

โรงภาพยนตร์มงคลรามา

ฉายภาพยนตร์ต่างประเทศชั้นดี ตั้งแต่ 10 – 24 น.

อภินันทนาการ

จาก

ฮันนี่ไนท์คลับ และ ภัตตาคาร

424 ถนนสุริวงศ์ บางรัก กรุงเทพ ฯ

โทร. 31968, 35725

อภินันทนาการ

จาก

บริษัท ยูนิเวอร์เซล เอ๊กปอร์ทอิมปอร์ท จำกัด
UNIVERSAL EXPORT IMPORT CO., LTD.

ผู้สั่งและจำหน่ายเม็ดพลาสติกทุกชนิด

เลขที่ 17 ถนนยุคล 2 สวนมะลิ
นครหลวงฯ โทร. 816187

No. 17 YUKHON 2 ROAD,
SUNMALI, BANGKOK.
TEL. 816187

คอนกรีตน้ำหนักเบาและการผลิต
Light weight Concrete and Manufacture

โดย ดร. นระ คมนามูล
และ ธวัช เสริมคชสีห์

การแนะนำ

ในบรรดาวัสดุก่อสร้างทั้งหลาย คอนกรีตเป็นวัสดุอันหนึ่งที่สำคัญมากที่สุดและใช้กันแพร่หลายอย่างกว้างขวาง นับตั้งแต่ อาคารที่อยู่อาศัย ที่ทำงาน เขื่อนกั้นน้ำ จนกระทั่งทำเรือ แต่ข้อเสียของคอนกรีต คือความมีน้ำหนักมากของมัน สำหรับงานโครงสร้าง สิ่งนี้นับว่าเป็นการสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายทำฐานรากอย่างมาก หลาย ๆ ประเทศได้ทำการค้นคว้าเพื่อหาทางทำให้คอนกรีตมีน้ำหนักเบาขึ้น ขณะเดียวกันให้มีกำลังรับแรงและมีประสิทธิภาพสูงพร้อมกับมีราคาถูกด้วย ผลการค้นคิดนี้ทำให้เทคโนโลยีการทำคอนกรีตน้ำหนักเบามีลักษณะแตกต่างกันออกไป กล่าวคือ หนึ่ง ทำให้เบาโดยการทำให้เกิดฟองอากาศในเนื้อคอนกรีต (aerated concrete) สอง ทำให้คอนกรีตเกิดช่องว่างโดยไม่ใช้มวลรวมละเอียด (no-fines concrete) สาม ใช้มวลรวมหยาบที่มีน้ำหนักเบา (light weight aggregate concrete) คอนกรีตน้ำหนักเบาเหล่านี้ ในประเทศไทย เพิ่งจะรู้จักกันเมื่อไม่นานมานี้ สำหรับการผลิตและการนำไปประยุกต์ใช้ ดูเหมือนยังไม่ปรากฏเลย แต่ในหลายประเทศทางตะวันตกได้ค้นพบและรู้จักกันประมาณ 100 กว่าปีมาแล้ว และนำมาใช้ประโยชน์กันมากในทางโครงสร้างโดยเฉพาะประเทศกลุ่มคอมมิวนิสต์ยุโรปตะวันออก ความจริง คอนกรีตน้ำหนักเบาไม่ใช่ของใหม่เลย ชาวโรมันสมัยก่อนคริสตศักราชเคยคิดค้นและนำเอาวัสดุน้ำหนักเบามาใช้ทำเป็นคอนกรีตน้ำหนักเบาในการก่อสร้างมาก่อน เช่น การเอา pumice หินรูพรุนจากภูเขาไฟมาใช้ทำเป็นส่วนประกอบของหลังคาโบสถ์ เป็นต้น

คอนกรีตน้ำหนักเบาทำได้ทั้งแบบหล่อสำเร็จ (precast) และแบบหล่อในที่ (cast-in place) มีนักออกแบบหลายคนได้ค้นคว้าสำเร็จในการทำให้น้ำหนักของโครงสร้างลดลงโดยการใช้คอนกรีตน้ำหนักเบา นับว่าเป็นการประหยัดวัสดุสำหรับฐานรากอย่างมาก โครงสร้างคอนกรีตน้ำหนักเบาบางอันมีน้ำหนักน้อยเกือบเป็นสองเท่าของโครงสร้างคอนกรีตธรรมดาโดยที่มีความแข็งแรงเท่ากัน โดยปกติ คอนกรีตน้ำหนักเบาจะมีความหนาแน่นอยู่ในช่วงระหว่าง 300–1800 กก./ม^3 หรือมากกว่าแล้วแต่ชนิดของมวลรวม นี่เปรียบเทียบกับค่า

ความหนาแน่นของคอนกรีตธรรมดาซึ่งอยู่ในช่วงประมาณ 2300–2500 กก./ม^3

นอกจากนี้ ความหนาแน่นต่ำของคอนกรีตน้ำหนักเบายังมีส่วนช่วยให้การก่อสร้างมีอัตราเร็วขึ้น และลดค่าใช้จ่ายในการขนส่งถ่ายเทคอนกรีต คุณลักษณะพิเศษอีกอันหนึ่งที่เกี่ยวข้องกับความหนาแน่นต่ำ คือ การเป็นตัวนำความร้อนที่เลว ซึ่งเป็นสิ่งดีสำหรับประเทศอากาศร้อน พอ ๆ กับประเทศอากาศหนาว

ชนิดของคอนกรีตน้ำหนักเบา

คอนกรีตน้ำหนักเบาทั้งหมดมีความหนาแน่นต่ำได้เพราะการกักขังอากาศไว้ในช่องว่างภายในโครงสร้างของเนื้อคอนกรีต อากาศที่อยู่ในคอนกรีตนี้สามารถทำให้เกิดขึ้นได้ 3 ทางคือ

1) โดยการทำให้เกิดฟองแกสในซีเมนต์เพสทซึ่งเมื่อมันแข็งตัวแล้วจะทำให้วัสดุที่ได้มีลักษณะเป็นรูพรุนคล้ายฟองน้ำ คอนกรีตชนิดนี้เรียกกันว่า "Aerated concrete" หรือ "คอนกรีตฟองอากาศ"

2) โดยการละทิ้งมวลรวมขนาดเล็กจากการคัดแบ่งขนาดของมวลรวมและเหลือไว้แต่มวลรวมหยาบ ผลที่ได้จะเป็นคอนกรีตที่เรียกกันว่า "No-fines concrete" หรือ "คอนกรีตไร้มวลรวมละเอียด"

3) โดยการใช้มวลรวมที่มีลักษณะเป็นรูพรุน หรือมีช่องว่างอยู่ในเนื้อวัสดุมาผสมกับซีเมนต์แทนมวลรวมธรรมดา คอนกรีตที่ได้เรียกกันว่า "Light weight aggregate concrete" หรือ "คอนกรีตมวลรวมน้ำหนักเบา"

คอนกรีตน้ำหนักเบาทั้งสามชนิดอาจจะแสดงลักษณะของเนื้อคอนกรีตอย่างเป็นรูปภาพได้ดังรูป 1 นอกจากนี้ คอนกรีตน้ำหนักเบายังสามารถผลิตขึ้นได้โดยการผสมกันระหว่างชนิดพื้น ๆ 3 ชนิดที่กล่าวมา ตัวอย่างคอนกรีตไร้มวลรวมละเอียดหรือคอนกรีตฟองอากาศผสมกับมวลรวมน้ำหนักเบา เป็นต้น

คอนกรีตฟองอากาศ (Aerated concrete)

คอนกรีตชนิดนี้ผลิตได้โดย การทำให้เกิด ฟองอากาศ หรือแกส ในซีเมนต์ เพสทในลักษณะที่เมื่อมันแข็งตัวแล้วเนื้อคอนกรีตจะมีช่องอากาศเกิดขึ้นอย่างสม่ำเสมอ ความจริงในซีเมนต์เพสทมักมีมวลรวมจำพวกทรายละเอียดหรือตัวอุด เช่น ฝุ่นผงของทราย ขี้เถ้าเชื้อเพลิงผง หรือขี้โลหะจากเตาหลอม แต่ไม่มีมวลรวมหยาบ ดังนั้นผลิตภัณฑ์ที่ได้อาจจะเรียกอีกอย่างหนึ่งว่ามอร์ตาร์ฟองอากาศ (Aerated mortar)

คอนกรีตฟองอากาศทำได้ทั้งสองแบบ คือ หล่อสำเร็จและหล่อในที่ ชิ้นส่วนหล่อสำเร็จโดยปกติบ่มด้วยไอน้ำภายใต้ความดันสูง ๆ การบ่มด้วยไอน้ำความดันสูง (autoclaving) เท่านั้นที่สามารถผลิตคอนกรีตฟองอากาศน้ำหนักเบาจริง ๆ ได้ขณะที่กำลังและการหดตัวเมื่อแห้งของมันอยู่ในขอบเขตซึ่งสามารถยอมรับได้สำหรับการใช้งานทางโครงสร้าง สำหรับการหล่อในที่ แน่นอน การบ่มอาจจะต้องใช้อากาศธรรมชาติ ซึ่งกำลังของคอนกรีตที่ได้น้อยกว่าราว ๆ ครึ่งหนึ่งของกำลังของคอนกรีตที่บ่มด้วยไอน้ำโดยที่มีความหนาแน่นเท่ากัน และการหดตัวก็มากกว่าถึง 4 หรือ 5 เท่า ยิ่งกว่านั้น คอนกรีตฟองอากาศที่บ่มด้วยอากาศไม่สามารถใช้หินปูน (lime) แทนซีเมนต์ได้ ความหนาแน่นของคอนกรีตแบบนี้มีค่าอยู่ในช่วงประมาณ 300–800 กก./ม^3 ดังนั้น คอนกรีตฟองอากาศที่หล่อในที่จึงเหมาะสมเฉพาะสำหรับองค์ประกอบของโครงสร้างที่กำลังของวัสดุไม่ใช่สิ่งสำคัญ เช่น วัสดุฉนวนหลังคา

คอนกรีตฟองอากาศหล่อสำเร็จผลิตได้โดยการทำให้เกิดแกส (โดยปกติเป็นแกสไฮโดรเจน) ในซีเมนต์เพสท แกสไฮโดรเจนที่เกิดขึ้นเป็นผลของการใส่อะลูมิเนียมผงอย่างละเอียด หรือบางครั้งก็สังกะสี เข้าไปทำปฏิกริยากับหินปูนในซีเมนต์ หลังจากปฏิกริยาอากาศจะเข้าไปแทนที่แกสไฮโดรเจนอย่างรวดเร็ว ดังนั้น จึงไม่มีการเสี่ยงต่ออันตรายจากการติดไฟง่ายของแกสไฮโดรเจนเมื่อคอนกรีตบล็อคถูกนำไปใช้ในงานก่อสร้าง อีกวิธีหนึ่ง แกสทำให้เกิดขึ้นได้โดยอาศัยปฏิกริยาทางเคมีระหว่าง **bleaching powder** กับ **hydrogen peroxide** ผลที่ได้คือแกสออกซิเจน วิธีหลังนี้ไม่ค่อยได้รับความนิยม

คอนกรีตฟองอากาศหล่อในที่ทำขึ้นได้โดยการพ่นอากาศเข้าไปในซีเมนต์เพสท ซึ่งอาจจะทำได้โดยการใช้เครื่องดับเพลิงฉีดน้ำยาชนิดเป็นฟอง หรือโดยการเติมตัวสร้างฟองอากาศในซีเมนต์เพสทพร้อมกับตีให้เกิดเป็นฟองเช่นเดียวกับการตีไข่

คุณสมบัติที่เด่นของคอนกรีตฟองอากาศ คือ ความเป็นฉนวนความร้อนที่ดี ชิ้นส่วนหล่อสำเร็จสำหรับใช้ในงานโครงสร้างมีผลิตออกมาในรูปต่าง ๆ ทั้งเป็นคอนกรีตบล็อคและคอนกรีตเสริมเหล็ก ในกรณีของคอนกรีตเสริมเหล็กต้องระลึกไว้ด้วยว่าคอนกรีตฟองอากาศเต็มไปด้วยรูพรุนและต้องแน่ใจว่าเหล็กเสริมได้รับการป้องกันการเกิดสนิมอย่างดี

คอนกรีตไร้มวลรวมละเอียด (No-fines concrete)

คอนกรีตชนิดนี้ประกอบด้วยซีเมนต์และมวลรวมหยาบเท่านั้น ขนาดของมวลรวมหยาบอยู่ในระหว่าง 10–20 มม. การผสมแบบนี้ทำให้เกิดช่องอากาศกระจายอยู่อย่างสม่ำเสมอตลอดเนื้อคอนกรีต มวลรวมหยาบที่ใช้สำหรับคอนกรีตชนิดนี้อาจจะเป็นชนิดเนื้อแน่นอย่างที่

ใช้กันทั่ว ๆ ไป เช่น กรวดหรือหิน หรือชนิดน้ำหนักเบา เช่น กากเชื้อเพลิงเผา (sintered pulverised-fuel ash) ขี้โลหะจากเตาหลอม (foamed blastfurnace slag) หรือดินเหนียวเผา (expanded clay)

น้ำหนักของคอนกรีตชนิดนี้มีค่าประมาณ $\frac{3}{4}$ หรือ $\frac{2}{3}$ เท่าของน้ำหนักคอนกรีตธรรมดาที่ทำด้วยมวลรวมชนิดเดียวกัน กำลังของมันขึ้นอยู่กับมวลรวมที่ใช้และแปรผันโดยตรงกับจำนวนซีเมนต์ที่ใช้ (ซีเมนต์มากขึ้น กำลังจะเพิ่มขึ้น) ส่วนผสมที่ใช้กันคือ 1 : 8 โดยปริมาตรและอัตราส่วนของน้ำต่อซีเมนต์เท่ากับ 0.45 กำลังอัดอายุ 28 วันของคอนกรีตชนิดนี้อยู่ในราว ๆ 50–80 กก./ซม^2 (5–8 MN/m^2) เนื่องจากกำลังรับน้ำหนักต่ำ ประโยชน์ของมันส่วนใหญ่สำหรับทำกำแพงหรือผนังที่ไม่ต้องรับน้ำหนัก เช่น ผนังกั้นห้อง ทำกำแพงรั้ว ทำไส้ในพื้น และทำแผ่นคอนกรีตปูหลังคา

การใช้คอนกรีตชนิดนี้ ทำผนังหรือกำแพงด้านนอกจำเป็นต้องฉาบผิวหน้าเพราะเนื้อรูพรุนของมันทำให้น้ำซึมผ่านได้ง่าย แต่ไม่มีปัญหาในแง่การดูดน้ำอย่างแคพิลลารี เพราะฉะนั้น มันจึงเป็นพื้นอย่างดีสำหรับการฉาบปูนทรายหรือปูนพลาสเตอร์ ข้อแตกต่างกับคอนกรีตน้ำหนักเบาชนิดอื่น ๆ คือ คอนกรีตไร้มวลรวมละเอียดนี้มีการหดตัวเมื่อแห้งน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับคอนกรีตธรรมดาที่ทำมาจากมวลรวมหยาบอย่างเดียวกัน การเป็นสื่อนำความร้อนของผนังที่ทำด้วยคอนกรีตชนิดนี้มีค่าพอ ๆ กับของผนังอิฐที่หนาเท่ากัน สำหรับความต้านทานต่อการซึมผ่านของน้ำฝนนั้น ถ้ามีการฉาบปูนผิวหน้าไว้ดี ควรจะเปรียบเทียบได้กับความต้านทานของผนังอิฐกลวงข้างในที่หนา 280 มม.

คอนกรีตไร้มวลรวมละเอียด ไม่เหมือนกับคอนกรีตธรรมดาตรงที่ว่ามันมีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงของจำนวนน้ำที่ใช้ จำนวนน้ำที่เหมาะสมที่สุด สำหรับมวลรวมแต่ละชนิด หาได้โดยการทดลองหลาย ๆ ครั้ง จำนวนน้ำที่ถูกต้องสำหรับคอนกรีตไร้มวลรวมละเอียดแต่ละชนิดจะพิจารณาได้จากผลที่ปรากฏขึ้น

คอนกรีตไร้มวลรวมละเอียด ต้องการแรงงานกรรมกรน้อยมากสำหรับการก่อสร้าง ถ้าใช้ทำกำแพงจะรวดเร็วกว่าที่ทำด้วยคอนกรีตชนิดอื่น และจะประหยัดมากถ้ารูปแบบของอาคารซ้ำ ๆ กัน

เกี่ยวกับการหดตัวเมื่อแห้ง (drying shrinkage) เมื่อเปรียบเทียบกับคอนกรีตน้ำหนักเบาชนิดอื่นแล้ว คอนกรีตไร้มวลรวมละเอียดมีการหดตัวน้อยกว่า แต่อัตราการหดตัวของคอนกรีตชนิดนี้เร็วกว่าคอนกรีตธรรมดา เช่น ภายใน 100 วัน การหดตัวของคอนกรีต

ไร้มวลรวมละเอียด จะเกิดขึ้นราว ๆ 80% แต่คอนกรีตธรรมดาจะเกิดการหดตัวเพียง 60% เท่านั้น

คอนกรีตมวลรวมน้ำหนักเบา (Lightweight aggregate concrete)

มวลรวมน้ำหนักเบาส่วนใหญ่ได้จาก การผลิตขึ้นมา โดยตรงจาก อุตสาหกรรมหรือจากผลพลอยได้ของอุตสาหกรรมอื่น ๆ วัสดุน้ำหนักเบาที่เกิดขึ้นเองโดยธรรมชาติมีบ้างเป็นส่วนน้อย เช่น pumice มวลรวมน้ำหนักเบาที่สำคัญที่สุดทำมาจากเถ้าถ่านที่เหลือจากการเผาไหม้ กล่าวคือ furnace clinker, foamed blastfurnace slag, sintered pulverised-fuel ash, expanded clay, shale or slate, and pumice

Furnace clinker

มวลรวมชนิดนี้ผลิตขึ้นโดยการนำเอากากที่เหลือจากการเผาไหม้อย่างดีในเตาไฟมาเผาหรือหลอมให้เป็นก้อน จนกระทั่งมีคุณสมบัติและคุณภาพถูกต้องตามมาตรฐานที่กำหนดไว้ เช่น ขีดจำกัดสำหรับปริมาณซัลเฟทและปริมาณวัสดุที่เผาไหม้ไม่หมด รวมทั้งหลักปฏิบัติสำหรับการทดสอบการยืดหดตัว (soundness test) ในมาตรฐานอังกฤษ BS 1165 ปริมาณของกากที่เผาไหม้ไม่หมดสามารถทำให้ลดลงได้โดยการร่อนด้วยตะแกรงขนาด 6 มม. และแยกส่วนที่ละเอียดออก ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นเชื้อเพลิงที่เผาไหม้ไม่หมด ส่วนที่เหลือเป็นวัสดุหยาบซึ่งสามารถนำมาบดและแยกขนาดตามความต้องการได้ อีกทางหนึ่ง เชื้อเพลิงที่ยังเผาไหม้ไม่หมดสามารถแยกออกได้โดยการนำกากที่ ได้กลับมาเผาใหม่ บนแท่นเผา ที่สามารถใช้ลมเป่าเพื่อการเผาไหม้ที่ดีขึ้น

วัสดุที่เผาแล้วเป็นก้อนหรือ clinker นี้ บางส่วนมีผงหินปูนชนิดที่ยังไม่ได้ประกอบกับน้ำ (quick lime) ปนอยู่ สิ่งนี้จะขยายตัวอย่างช้า ๆ เมื่อมันถูกน้ำ ในกรณีที่มีการฉาบปูน มันจะทำให้ปูนฉาบเกิดการบวมเนื่องจากน้ำในปูนฉาบทำให้ clinkers เกิดการขยายตัว การแก้ไขสามารถทำได้โดยการเก็บ clinkers ไว้ในที่ชื้นเป็นเวลา 2–3 อาทิตย์ก่อนที่จะนำมาใช้งาน สิ่งเจือปนทั่ว ๆ ไปอีกอันหนึ่ง คือ เหล็กซึ่งสามารถทำให้เกิดรอยสนิมในคอนกรีตได้ สิ่งเจือปนนี้สามารถแยกออกได้โดยการดูดด้วยแม่เหล็กขณะที่ทำการบด

ประโยชน์ของมวลรวมชนิดนี้มีขีดจำกัดในงานคอนกรีตเสริมเหล็ก เพราะสิ่งเจือปนใน clinkers มีผลทำให้เหล็กเสริมเกิดเป็นสนิมได้ง่าย บางประเทศถึงกับห้ามใช้มันสำหรับคอนกรีตเสริมเหล็ก

วัตถุดิบสำหรับ ทำมวล รวม ชนิด นี้เป็น ผล พลอย ได้จาก โรง ไฟฟ้า หรือ โรง งาน

อุตสาหกรรมต่าง ๆ ที่ใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิง และโรงงานปูนซีเมนต์ ราคาโดยทั่ว ๆ ไปถูก แต่สำหรับประเทศไทยวัสดุนี้อาจจะมี ปริมาณไม่มากพอที่จะนำมาทำ เป็นวัสดุก่อ สร้างอย่างเป็นล่ำเป็นสันได้

Foamed blastfurnace slag

วัสดุชนิดนี้ผลิตได้โดยการนำเอามูลโลหะ (slag) ที่เกิดขึ้นในเตาหลอมโลหะมาและให้สัมผัสกับน้ำจำนวนจำกัดจำนวนหนึ่งขณะที่มูลโลหะยังร้อนเหลวอยู่ หรือโดยการพ่นลำไอน้ำและอากาศอัดตรงไปยังมูลโลหะร้อนเหลวที่ไหลออกมา การทำเช่นนี้โดยวิธีใดวิธีหนึ่งทำให้มูลโลหะเกิดการขยายตัวและกลายเป็นวัสดุซึ่งมีรูพรุนคล้ายกับ pumice วัสดุที่ได้จะถูกนำมาบดแล้วร่อนแยกขนาดให้ได้ขนาดตามที่ต้องการสำหรับมวลรวม ความหนาแน่นของมันอยู่ระหว่าง 320–880 กก./ม^3 ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับขนาดที่แยกไว้

มวลรวมชนิดนี้ใช้ทำคอนกรีตหล่อในที่สำหรับเป็นฉนวนหลังคากันความร้อน แต่ส่วนใหญ่ใช้ทำคอนกรีตบล็อคน้ำหนักเบา นอกจากนี้ยังสามารถใช้ในงานคอนกรีตเสริมเหล็กได้อีกด้วย

แหล่งวัตถุดิบสำหรับมวลรวมชนิดนี้ คือ โรงงานถลุงเหล็ก โรงงานหลอมเหล็ก และโรงงานทำเหล็กกล้าซึ่งกำลังจะมีมากขึ้นในประเทศไทย

Sintered pulverised-fuel ash

ขี้เถ้าเชื้อเพลิงแบบนี้เป็นกากที่เหลือจากการเผาไหม้ของผงถ่านหิน กากนี้เป็นผงสีเทา และมีความละเอียดใกล้เคียงกับผงซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ผงขี้เถ้าเชื้อเพลิงนี้สามารถนำมาทำเป็นมวลรวมน้ำหนักเบาได้โดยการนำเอาผงละเอียดนี้มาทำให้ชื้นแล้วทำให้เป็นลูกกลม ๆ หลังจากการเผาที่อุณหภูมิประมาณ 1200 องศาเซลเซียส วัสดุที่ได้จะมีลักษณะแข็ง เป็นปุ่ม และมีรูพรุน วัสดุเหล่านี้สามารถนำไปบดและแยกขนาดเพื่อใช้เป็นมวลรวมน้ำหนักเบาสำหรับทำคอนกรีตบล็อค ทำแผ่นคอนกรีตน้ำหนักเบา ทำคอนกรีตเสริมเหล็ก กระทั่งทำคอนกรีตอัดแรงถ้าการหล่อคอนกรีตได้รับการทำให้แน่นอย่างดี

เท่าที่ทราบ ในประเทศไทย ขี้เถ้าผงถ่านหินนี้สามารถหาได้ที่โรงไฟฟ้าถ่านหินลิกไนท์ แม่เมาะ จังหวัดลำปาง แต่ผลพลอยได้นี้อาจจะมีไม่มากพอสำหรับทำอุตสาหกรรมคอนกรีตน้ำหนักเบา

Expanded clay, shale, and slate

เมื่อดินเหนียวบางชนิดหรือหินเชลบางชนิดถูกนำมาเผาจนเกือบถึงจุดหลอม มันจะขยายตัวหรือพองขึ้นเนื่องจากการเกิดแกสขึ้นภายในเนื้อวัสดุ และเมื่อเย็นลง โครงสร้างที่

ประกอบด้วยโพรงเล็ก ๆ ยังคงอยู่ วัสดุน้ำหนักเบาที่ได้นี้จึงเหมาะสมที่จะใช้เป็นมวลรวมสำหรับคอนกรีตน้ำหนักเบา ดินเหนียวบางชนิดไม่มีสารประกอบที่จะทำให้เกิดฟองแกสขึ้นได้เมื่อได้รับความร้อน แต่สามารถทำให้พองตัวได้โดยการเติมวัสดุบางอย่างประมาณร้อยละ 1 โดยน้ำหนักเพื่อช่วยให้เกิดฟองแกสขึ้นได้เมื่อได้รับความร้อน วัสดุตัวเติมเหล่านี้ได้แก่ ถ่านหิน ขี้เลื่อย แกลบ ฟาง มูลวัว และน้ำอ้อย

มวลรวมแบบพองตัวนี้อาจจะผลิตให้มีลักษณะเป็นลูกกลมโดยการเผาในเตาเผาแบบหมุน (rotary kiln) หรืออาจจะผลิตให้เป็นเศษชิ้นเล็กชิ้นน้อยจากการบดก้อนวัสดุรูพรุนที่ทำขึ้นโดยการเผาบนเตา sinter-strand ก็ได้ ประโยชน์ของมันใช้ทำคอนกรีตบล็อค ทำชิ้นส่วนคอนกรีตเสริมเหล็กและทำชิ้นส่วนคอนกรีตอัดแรง

นอกจากนี้ หินกระดานชนวนบางชนิด เมื่อนำมาเผาให้ร้อนอย่างรวดเร็ว จะเกิดการขยายตัวหรือพองตัวขึ้นคล้าย ๆ กับดินเหนียวและหินเชล วัสดุที่ได้เป็นรูพรุนและมีน้ำหนักเบาซึ่งสามารถใช้เป็นมวลรวมน้ำหนักเบาสำหรับคอนกรีตได้เป็นอย่างดี

ในประเทศไทย ดินเหนียวที่มีคุณสมบัติเหมาะสมสำหรับการผลิตเป็นวัสดุน้ำหนักเบามีอยู่มากในจังหวัดอยุธยาและจังหวัดปทุมธานี แต่เนื่องจากการเผาต้องการอุณหภูมิสูงมาก (ประมาณ 1000 องศาเซลเซียส) ต้นทุนการผลิตมวลรวมน้ำหนักเบาจากดินเหนียวอาจจะสูงมากจนไม่คุ้มประโยชน์

ความหนาแน่นธรรมชาติของมวลรวมน้ำหนักเบาชนิดนี้อยู่ในระหว่าง 300-900 กก./ม^3 สำหรับดินเหนียวเผา และ 400-1200 กก./ม^3 สำหรับหินเชลและหินกระดานชนวนเผา

Pumice

พัมมิส เป็นวัสดุน้ำหนักเบาที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติจากการระเบิดของภูเขาไฟ การขยายตัวหนีของแกสที่ระเบิดขึ้นมีผลทำให้วัสดุเต็มไปด้วยรูพรุน โดยปกติวัสดุนี้มีสีอ่อนและมีเนื้อเป็นโพรงเล็ก ๆ เชื่อมโยงติดต่อกันอย่างสม่ำเสมอ หินภูเขาไฟอีกชนิดหนึ่งซึ่งมีลักษณะคล้าย ๆ กับพัมมิสคือ Coria หินชนิดนี้โดยปกติมีสีเข้มกว่า เซลล์ในเนื้อวัสดุมีรูปร่างขรุขระและขนาดใหญ่กว่า และเซลล์เหล่านี้ไม่ติดต่อกัน

พัมมิสที่ขุดได้มาโดยทั่วไปจะถูกเจือปนไปด้วยฝุ่นผงภูเขาไฟ ดินเหนียว และหินเชล สิ่งเจือปนเหล่านี้ควรจะต้องล้างให้หมดไปหลังจากการบด พัมมิสที่บดจนได้ขนาดตามที่ต้องการแล้วสามารถทำให้แข็งแกร่งยิ่งขึ้นไปอีกได้ โดยการเผาให้ร้อนจนเกือบถึงจุดหลอมละลาย

ประโยชน์ของหินชนิดนี้ใช้ทำคอนกรีตบล็อค ชิ้นส่วนคอนกรีตเสริมเหล็กหล่อสำเร็จ มวลรวมน้ำหนักเบาชนิดนี้ไม่เหมาะที่จะนำมาใช้กับงานคอนกรีตหล่อในที่เพราะว่ามีแนวโน้มที่จะลอยขึ้นสู่ผิวบนซึ่งนำไปสู่การแยกตัวของคอนกรีต ในการใช้กับเหล็กเสริม มวลรวมชนิดนี้จะต้องผ่านการล้างอย่างดีเพื่อขจัดสิ่งสกปรกเจือปน

วัสดุน้ำหนักเบาชนิดนี้ดูเหมือนจะหาได้ยากมากในประเทศไทย ความหนาแน่นธรรมชาติของพัมมิสอยู่ในระหว่าง 350-650 กก./ม^3

Expanded perlite and vermiculite

เปอร์ไลท์เป็นหินภูเขาไฟที่มีลักษณะคล้ายแก้ว ส่วนเวอร์มิคูไลท์เป็นแร่ที่มีลักษณะเป็นเกล็ดคล้ายไมกา (mica) วัสดุทั้งสองชนิดนี้เมื่อได้รับความร้อนถึงอุณหภูมิที่เหมาะสมจะขยายตัวจนกลายเป็นวัสดุรูพรุนเหมาะที่จะนำมาใช้เป็นมวลรวมน้ำหนักเบาในคอนกรีตสำหรับป้องกันความร้อน แต่ไม่เหมาะสำหรับใช้ในคอนกรีตโครงสร้างเพราะคอนกรีตที่ทำด้วยมวลรวมน้ำหนักเบาทั้งสองชนิดนี้มีกำลังต่ำ

หินทั้งสองชนิดนี้หาได้ยากมากในประเทศไทย ความหนาแน่นธรรมชาติของมันอยู่ในระหว่าง 40–200 กก./ม^3 สำหรับเปอร์ไลท์ และ 60–200 กก./ม^3 สำหรับเวอร์มิคูไลท์

Diatomite

วัสดุน้ำหนักเบาชนิดนี้เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ และมีชื่อที่รู้จักกันทั่ว ๆ ไปหลายชื่อ เช่น Kieselguhr, tripolite, fossil flour เป็นต้น ประโยชน์ที่สำคัญของมันในงานก่อสร้างคือใช้เป็นตัวช่วยให้คอนกรีตทำงานได้ดีขึ้น และการเผาใน rotary kiln จะทำให้วัสดุชนิดนี้กลายเป็นมวลรวมน้ำหนักเบาอย่างดีสำหรับคอนกรีต ความหนาแน่นธรรมชาติของมวลรวมชนิดนี้อยู่ในราว ๆ 430 กก./ม^3

แหล่งวัตถุดิบในประเทศไทยอยู่ที่อำเภอเกาะคา จังหวัดลำปาง และเชื่อว่ามีเป็นจำนวนมาก ราคาวัตถุดิบชนิดนี้ค่อนข้างต่ำ

Organic aggregates

สารอินทรีย์ซึ่งเกิดขึ้นตามธรรมชาติบางชนิดสามารถนำมาใช้เป็นมวลรวมสำหรับคอนกรีตน้ำหนักเบาได้ สารอินทรีย์ที่กล่าวมานี้ได้แก่กากของพืชผล เช่น เปลือกข้าวหรือแกลบ แต่ที่สำคัญที่สุดในบรรดามวลรวมชนิดนี้ คือ ผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมไม้ ขี้เลื่อยสามารถใช้เป็นมวลรวมผสมกับคอนกรีตได้ และให้ผลิตภัณฑ์ที่เรียกว่า 'Sawdust-cement' นอกจากนี้ขี้กบก็อาจจะใช้เป็นมวลรวมสำหรับคอนกรีตน้ำหนักเบาได้อีกด้วย

ข้อเสียของมวลรวมชนิดนี้ คือ เมื่อคอนกรีตแห้งจะมีการหดตัวมาก ดังนั้น

ประโยชน์ของมวลรวมชนิดนี้จึงมีขอบเขตใช้งานจำกัด การหดตัวอย่างมากเมื่อแห้งนี้อาจจะแก้ไขได้โดยการเติมทรายเข้าไปในส่วนผสมซีเมนต์ขี้เลื่อย แต่ต้องแลกกับการมีความหนาแน่นเพิ่มขึ้นและความเป็นฉนวนกันความร้อนลดลง

ในปัจจุบันมีสารอินทรีย์สังเคราะห์เป็นจำนวนมากที่สามารถใช้เป็นมวลรวมน้ำหนักเบาได้ เช่น foamed polystyrene และpolypropylene fibres ซึ่งมีประโยชน์มากสำหรับเป็นตัวฉนวนกันความร้อนสูง ๆ เนื่องจากสารสังเคราะห์เหล่านี้มีราคาแพงมากในประเทศไทย ดังนั้นจึงมีผู้ทำการทดลองนำเอาเศษพืชผลที่ทิ้งแล้วมาดัดแปลงเพื่อทำหน้าที่คล้ายกับสารสังเคราะห์ดังกล่าว และปรากฏว่าได้ผล เศษพืชผลนี้ ได้แก่ ซางข้าวโพดตากแห้ง

การจำแนกประเภทของคอนกรีตมวลรวมน้ำหนักเบาตามความอัดแน่น

ในทางปฏิบัติ คอนกรีตมวลรวมน้ำหนักเบาแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

ก) คอนกรีตมวลรวมน้ำหนักเบาอัดแน่นบางส่วน

(Partially compacted lightweight aggregate concrete)

และ ข) คอนกรีตมวลรวมน้ำหนักเบาสำหรับโครงสร้าง

(Structural lightweight aggregate concrete)

ชนิด(ก) ใช้กันมากสำหรับทำชิ้นส่วนคอนกรีตบล็อคหรือแผ่นคอนกรีตน้ำหนักเบาสำเร็จรูป และทำหลังคาและผนังกันความร้อนแบบหล่อในที่ คอนกรีตชนิดนี้ไม่เหมาะกับงานคอนกรีตเสริมเหล็ก และไม่ควรใช้เป็นคอนกรีตโครงสร้างรับแรงมาก ๆ การที่คอนกรีตชนิดนี้จะมีความแข็งแรงเพียงพอสำหรับงานหนึ่ง ๆ หรือไม่ มีความหนาแน่นต่ำพอที่จะเป็นฉนวนความร้อนที่ดีหรือไม่ และมีการหดตัวเมื่อแห้งน้อยพอที่จะไม่เป็นเหตุให้เกิดการแตกร้าวหรือไม่นั้น สิ่งเหล่านี้ขึ้นอยู่กับชนิดของมวลรวมที่ใช้ ส่วนผสม การอัดแน่น และวิธีการบ่ม อย่างไรก็ตาม การที่จะได้คอนกรีตน้ำหนักเบาที่มีคุณสมบัติดีครบทุกประการอาจจะเป็นสิ่งที่ทำได้ยาก สำหรับมวลรวมน้ำหนักเบาหนึ่ง ๆ โดยปกติการออกแบบคอนกรีตชนิดนี้จะต้องประนีประนอมให้ได้จุดประสงค์ที่สำคัญที่สุดของงาน ซึ่งอาจจะเป็นความแข็งแรง หรือการเป็นฉนวนความร้อนหรือการหดตัวเมื่อแห้ง เช่น สำหรับเป็นฉนวนกันความร้อน คอนกรีตต้องการมวลรวมที่มีความหนาแน่นและความแข็งแรงต่ำ กล่าวคือ expanded perlite หรือ vermiculite หรือมวลรวมเนื้อแน่นกับส่วนผสมที่มีปริมาณซีเมนต์ต่ำ แต่ในกรณีที่ความแข็งแรงเป็นจุดประสงค์ที่สำคัญที่สุด ส่วนผสมของคอนกรีตต้องการปริมาณซีเมนต์มากขึ้นและมวลรวมควรจะเป็นพวก pulverised- fuel ash หรือ expanded clay

ชนิด (ข) เป็นคอนกรีตสำหรับโครงสร้างที่ได้รับการอัดแน่นอย่างดีเช่นเดียวกับคอนกรีตเสริมเหล็กปกติ คอนกรีตน้ำหนักเบาชนิดนี้สามารถใช้กับเหล็กเสริมได้อย่างดี มวลรวมที่เหมาะสมสำหรับคอนกรีตชนิดนี้ คือ foamed slag,sintered pulverised-fuel ash, expaanded clay, shale and slate นอกจากนี้ก็มี pumice ซึ่งอาจจะใช้กับคอนกรีตชนิดนี้ได้ ถ้าไม่มีสิ่งสกปรกเจือปนอยู่และได้ผ่านการเผาเพิ่มความแข็งแรงแล้ว อย่างไรก็ตาม การใช้ pumice เป็นมวลรวมสำหรับคอนกรีตหล่อในที่อาจจะมีปัญหาที่มันเบามากและอาจจะเป็นเหตุให้เกิดการแยกตัวของส่วนผสม

คุณสมบัติต่าง ๆ ของคอนกรีตน้ำหนักเบา

ความแข็งแรง

ค่าของกำลังอัดอายุ 28 วันสำหรับคอนกรีตน้ำหนักเบาชนิดต่าง ๆ แสดงไว้ตาราง 1 กำลังของคอนกรีตเหล่านี้อาจจะทำให้สูงขึ้นอีกได้โดยการใช้ทรายธรรมชาติแทนมวลรวมละเอียดน้ำหนักเบา แต่การทำเช่นนี้จะทำให้คอนกรีตที่ได้มีน้ำหนักเพิ่มขึ้น นี่เป็นธรรมชาติของคอนกรีต คอนกรีตที่มีความหนาแน่นต่ำ เช่น คอนกรีตฟองอากาศ มักจะมีความแข็งแรงน้อยกว่าคอนกรีตที่มีเนื้อแน่นกว่า เช่น คอนกรีตมวลรวมน้ำหนักเบาบางชนิด มาตรฐานอังกฤษ BS 2028 ได้วางหลักปฏิบัติไว้ว่า คอนกรีตน้ำหนักเบาสำหรับทำบล็อคจะต้องมีกำลังไม่ต่ำกว่า 2.8 MN/m^2 หรือราว ๆ 28.12 กก/ซม^2 คอนกรีตฟองอากาศเสริมเหล็กที่มีกำลังอัด 2.8-3.5 MN/m^2 (28.12-35.15 กก/ซม^2) เคยได้พิสูจน์ให้เห็นแล้วว่ามันสามารถใช้เป็นองค์โครงสร้างรับน้ำหนักได้อย่างเป็นผลสำเร็จ

ค่าสัมประสิทธิ์ของการแตกหัก (modulus of rupture) ของคอนกรีตมวลรวมน้ำหนักเบาทั่ว ๆ ไปมักจะสูงกว่าของคอนกรีตมวลรวมน้ำหนักมากที่มีกำลังอัดเท่ากัน

ในบรรดาคอนกรีตที่มีกำลังอัดเท่ากัน ค่าพิกัดแห่งความยืดหยุ่นหรือค่า E (modulus of elasticity) ของคอนกรีตน้ำหนักเบาโดยปกติจะต่ำกว่าของคอนกรีตที่ใช้มวลรวมน้ำหนักมาก ความแตกต่างในค่า E สำหรับคอนกรีตกำลังสูง ๆ จะมีมากกว่าสำหรับคอนกรีตกำลังต่ำ ๆ โดยทั่ว ๆ ไป ค่า E ของคอนกรีตมวลรวมน้ำหนักเบาอยู่ในระหว่าง $\frac{1}{3}$ ถึง $\frac{2}{3}$ ของคอนกรีตธรรมดาที่ใช้กรวดหรือหินบดเป็นมวลรวม สำหรับคอนกรีตฟองอากาศ ค่า E นี้ยิ่งต่ำลงไปอีก

ควรระลึกไว้เสมอว่า ค่า E นี้มีความสำคัญมากเพราะมันมีผลต่อการแอ่นตัวของคานรับการดัดและการโก่งตัวของเสาหรือผนังรับแรงอัด สิ่งเหล่านี้จะต้องนำมาพิจารณาเสมอในการออกแบบก่อสร้าง

ความคงทน

ความคงทนในที่นี้ หมายถึง ความสามารถของวัสดุหรือส่วนประกอบในการที่จะคงทนต่อสภาพแวดล้อมโดยที่ไม่ทำให้เกิดการเสียรูปหรือสึกกร่อนลงเรื่อย ๆ ในงานโครงสร้างอาคาร สิ่งสำคัญที่ต้องคำนึงถึง ก็คือ การกัดกร่อนเนื่องจากสารเคมี ความเค้นทางกายภาพและการกระทบกระแทกเนื่องจากแรงภายนอกต่าง ๆ

การกัดกร่อนเนื่องจากสารเคมีมักจะเกิดจากน้ำใต้ดิน อากาศเสีย และสารละลายที่มีปฏิกริยาบางชนิด คอนกรีตน้ำหนักเบาทั่ว ๆ ไปไม่สามารถที่จะทนต่อสิ่งต่าง ๆ ที่กล่าวมานี้ได้ ทั้งนี้เพราะความมีรูพรุนมากในตัวมัน ดังนั้น คอนกรีตน้ำหนักเบาจึงไม่เหมาะสมที่จะใช้สำหรับสิ่งก่อสร้างในดินชั้นที่มีสารพวกซัลเฟทปนอยู่ การกัดกร่อนเนื่องจากอากาศเสียนั้นจะมีผลมากในกรณีที่อากาศเสียมาก ๆ แต่อย่างไรก็ตามในทุก ๆ กรณี คอนกรีตน้ำหนักเบาควรจะได้รับการฉาบผิวเพื่อป้องกันการกัดกร่อน

ความเค้นทางกายภาพที่มีผลต่อคอนกรีตน้ำหนักเบาได้แก่ ความเค้นที่เกิดขึ้นเนื่องจากการเกิดเป็นน้ำแข็งภายในรูพรุน จากการหดตัวเมื่อแห้ง และจากอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง เนื่องจากสัมประสิทธิ์ของการขยายตัวทางความร้อนของคอนกรีตน้ำหนักเบามีค่าระหว่าง $8-9 \times 10^{-6}$ ซึ่งไม่มากไปกว่าของคอนกรีตธรรมดาเท่าไรนัก ดังนั้น ผลของการเกิดเป็นน้ำแข็งที่กระทำกับคอนกรีต น้ำหนักเบาจึงคล้าย ๆ กับที่เกิดในคอนกรีตธรรมดาภายใต้สภาวะเดียวกัน การหดตัวเมื่อแห้งและการเปลี่ยนแปลงเมื่อชื้นในคอนกรีตน้ำหนักเบามีมากกว่าในคอนกรีตธรรมดา ในบางกรณี ค่าเหล่านี้สูงมากและจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องนำมาคิดให้ละเอียดในการออกแบบ

การแตกหักของคอนกรีตเนื่องจากแรงภายนอกอาจจะมีผลมาจากการขัดสี การกระทบกระแทก และการรับน้ำหนักมากเกินไป คอนกรีตน้ำหนักเบาบางชนิด เช่น คอนกรีตฟองอากาศ อาจจะเกิดการแตกหักได้ง่ายเมื่อได้รับการขัดสี ความอ่อนแอของวัสดุชนิดนี้อาจนำไปสู่ความเสียหายของอาคารทั้งหลังก็เป็นได้ ดังนั้น ในการใช้คอนกรีตน้ำหนักเบาแต่ละชนิดควรให้ความระมัดระวังอย่างถูกต้อง โดยเฉพาะในระหว่างการก่อสร้าง

การเป็นสนิมของเหล็ก

อุปสรรคสำคัญอันหนึ่งที่ทำให้คอนกรีตน้ำหนักเบาไม่เป็นที่นิยมแพร่หลายในงานคอนกรีตเสริมเหล็กเท่าที่ควรคือ ความเป็นรูพรุนของเนื้อคอนกรีต ซึ่งอาจจะเป็นช่องทางให้อากาศเสียและความชื้นเข้าไปกัดเหล็กเสริมได้ง่าย อย่างไรก็ตาม เรื่องนี้สามารถป้องกันได้โดย

การใช้คอนกรีตน้ำหนักเบา ประเภทอัดแน่นอย่างดีสำหรับโครงสร้าง คอนกรีตชนิดนี้โดยเฉพาะที่ผสมด้วยมวลรวมน้ำหนักเบาที่เฉื่อยต่อปฏิกริยาทางเคมีสามารถเป็นตัวต้านทานต่อการเกิดสนิมของเหล็กและการเสื่อมโทรมของตัวมันเองได้อย่างดีพอ ๆ กับคอนกรีตธรรมดา ความจริง คุณภาพของคอนกรีตเองมีอิทธิพลอย่างมากต่อสมรรถนะและความทนทานของคอนกรีตเสริมเหล็กมากกว่าชนิดของมวลรวมน้ำหนักเบาที่ใช้ ประสบการณ์ในการใช้งานคอนกรีตเสริมเหล็กที่ทำจากมวลรวมน้ำหนักเบาชนิดต่างๆ ทั้งในทวีปยุโรปและอเมริกาได้สนับสนุนประโยชน์ของวัสดุนี้อย่างมาก เช่น การทำเรือคอนกรีตน้ำหนักเบาเสริมเหล็กในสงครามโลกทั้งสองครั้ง การสร้าง ท่าเรือลอยน้ำ สำหรับยกพลขึ้นบก ในระหว่าง การบุกยุโรป ของสงครามโลก ครั้งที่สอง การทำอาคารที่อยู่อาศัยและโรงงานบนฝั่งทะเลทางใต้ของประเทศอังกฤษมานานกว่า 40 ปีแล้ว และการทำแผ่นวัสดุฉนวนกันความร้อนสำหรับเหมืองถ่านหินเป็นต้น

การเกิดสนิมนั้นเนื่องมาจากความชื้นและแกสออกซิเจนอิสระทำปฏิกริยากับเหล็กและในบรรยากาศที่มีสารประกอบซัลเฟอร์และคลอไรด์ การผุกร่อนจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ดังนั้น เพื่อการป้องกันให้เพียงพอ คอนกรีตหุ้มเหล็กเสริมต้องหนาอย่างน้อย 50 มม. แต่ในกรณีที่สภาพแวดล้อมเลวร้ายจริง ๆ เช่น ในบรรยากาศที่ชื้นมาก ๆ หรือในดินที่มีสารเคมีเป็นปฏิปักษ์ คอนกรีตหุ้มควรจะมีความหนา 75 มม. ขึ้นไป ไม่ว่ามวลรวมที่ใช้จะเป็นชนิดใดก็ตาม

สำหรับคอนกรีตฟองอากาศเสริมเหล็ก เหล็กเสริมต้องได้รับการป้องกันอย่างดีโดยการเคลือบผิวก่อนการเทคอนกรีต การเคลือบผิวนี้โดยปกติใช้ของผสมปูนซีเมนต์กับลาเท็กซ์ธรรมชาติ หรือไบทูเมนแข็ง ของทั้งสองอย่างนี้เมื่อจับแน่นกับเหล็กแล้วสามารถกันการซึมของน้ำได้อย่างดี

การซึมของน้ำฝน

หน้าที่สำคัญอันหนึ่งของผนังอาคารด้านนอก คือ การป้องกันน้ำฝน ในกรณีที่ทำผนังสองชั้นแบบที่มีช่องว่างข้างใน ปัญหาเรื่องการซึมของน้ำฝนอาจจะไม่มีเกิดขึ้นเลย แต่ในกรณีของผนังชั้นเดียวบาง ๆ นั้นมักจะมีปัญหาเรื่องน้ำฝนซึมผ่านมาก ในการซึมผ่านผนังของน้ำฝนนั้น บางครั้งน้ำฝนจะซึมผ่านทางเนื้อคอนกรีตโดยตรง แต่ส่วนใหญ่แล้วน้ำฝนจะซึมผ่านเข้าทางช่องรอยแตกบริเวณข้อต่อมากกว่า คอนกรีตยิ่งกันน้ำได้ดีเท่าไร ความชื้นจะซึมผ่านตามรอยแตกของข้อต่อมากขึ้นเท่านั้น คอนกรีตมวลรวมน้ำหนักเบานั้นมีช่องว่างรูพรุนที่ผิว ดังนั้น การใช้วัสดุชนิดนี้ทำผนังโดยให้มีความหนาเพียงพอและทำอย่างถูกต้องแล้ว มัน

สามารถให้การต้านทานอย่างดีต่อการซึมผ่านของน้ำฝน สำหรับการฉาบผิวนั้น ถ้าฉาบด้วยปูนหยาบให้เป็นรูพรุนด้วย มันจะช่วยป้องกันเพิ่มขึ้น

ด้วยเหตุผลข้างต้น คอนกรีตฟองอากาศที่ไม่มีการฉาบผิวจึงมีการซึมผ่านของน้ำฝนเพียงเล็กน้อย ถ้าผนังไม่บางมากจนเกินไปแล้วไม่จำเป็นต้องห่วงเรื่องการซึมผ่านของน้ำฝนสำหรับกรณีนี้ แต่ในทางปฏิบัติ ผนังชนิดนี้ควรจะมีการป้องกันผิวของคอนกรีต เพราะถ้ามีความชื้นสะสมอยู่ภายในกำแพงมาก ๆ แล้ว ความสามารถในการป้องกันความร้อนของผนังจะลดน้อยลง

การหดตัวเมื่อแห้งและการคลานตัว

ผลิตภัณฑ์จากปูนซีเมนต์ทุกชนิดมักจะแสดงการยืดหดตัวเมื่อมันได้รับการเปลี่ยนแปลงของความชื้น เมื่อคอนกรีตแห้งใหม่ ๆ มักจะเกิดการหดตัว ซึ่งเรียกกันว่า "การหดตัวเมื่อแห้งครั้งแรก" หลังจากนั้น การเปียกและแห้งจะมีผลให้คอนกรีตเกิดการขยายตัวและหดตัวสลับกันไป ซึ่งอาจจะเรียกว่าเป็น "การยืดหดตัวตามความชื้นซึ่งกลับไปกลับมาได้" ผลของการหดตัวของคอนกรีตจะทำให้เกิดแรงดึงขึ้นในเนื้อคอนกรีต ถ้าคอนกรีตนี้เป็นส่วนประกอบของโครงสร้างที่มีขอบเขตของการเคลื่อนที่จำกัด มันก็จะเกิดการแตกร้าวขึ้น

คอนกรีตที่ทำด้วยมวลรวมน้ำหนักเบาโดยทั่ว ๆ ไปมีการหดตัวเมื่อแห้งมากกว่าคอนกรีตธรรมดา สำหรับคอนกรีตที่ทำด้วยมวลรวมหยาบชนิดเดียวกัน อันที่ไม่มีมวลรวมละเอียดจะหดตัวน้อยกว่าอันที่มีมวลรวมละเอียด คอนกรีตฟองอากาศหล่อสำเร็จมีค่าการหดตัวเมื่อแห้งใกล้เคียงกับคอนกรีตมวลรวมน้ำหนักเบา แต่คอนกรีตฟองอากาศหล่อในที่อาจจะมีค่ามากกว่า 5 เท่า หรือ 10 เท่าในบางครั้ง ค่าของการหดตัวเมื่อแห้งสำหรับคอนกรีตชนิดต่าง ๆ ให้ไว้ในตาราง 2 ค่าเหล่านี้จำเป็นมากที่จะต้องนำมาคิดในการออกแบบเพื่อป้องกันการแตกร้าว เช่น การเสริมเหล็กตามจุดต่าง ๆ ที่คิดว่าการแตกร้าวอาจจะเกิดขึ้นได้ หรือการทำข้อต่อไว้ที่จุดที่เหมาะสมเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดแรงดึงขึ้นในเนื้อคอนกรีต

คอนกรีตมิได้มีการเปลี่ยนรูปเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของความชื้นเท่านั้น แต่มันยังมีการเปลี่ยนรูปอย่างถาวรเมื่อมันได้รับความเค้นติดต่อกันนาน ๆ พฤติกรรมนี้ เรียกว่า การคลานตัว (Creep) วัสดุอื่น ๆ ก็มีพฤติกรรมอย่างเดียวกันนี้เช่นกัน การคลานตัวของคอนกรีตจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับสภาพการรับน้ำหนัก ส่วนผสมของคอนกรีต และขนาดของชิ้นส่วน

สำหรับคอนกรีตที่มีกำลังอัดเท่ากัน คอนกรีตน้ำหนักเบาส่วนใหญ่จะมีการคลานตัวและการยืดหดตัวตามความชื้นมากกว่าคอนกรีตธรรมดา ข้อดีของการคลานตัวมาก ๆ คือมันอาจจะช่วยลดความเค้นแรงดึงเนื่องจากการหดตัวเมื่อแห้งและลดภัยจากการแตกร้าวได้ ใน

งานคอนกรีตอัดแรงการคลานตัวเป็นสิ่งที่ไม่น่าพึงปรารถนา เพราะมันจะนำไปสู่การสูญเสียแรงอัด

การป้องกันไฟ

เมื่อเกิดไฟไหม้ โครงสร้างที่ทำด้วยเหล็กกล้าหรือโลหะผสมอะลูมิเนียมจะยืนหยัดอยู่ได้ไม่นาน เพราะเมื่ออุณหภูมิของเหล็กกล้าถึง 555°ซ และอะลูมิเนียมราว ๆ 200–250°ซ กำลังของโลหะเหล่านี้จะตกลงทันทีภายในสองสามวินาทีที่เกิดเพลิงไหม้ ดังนั้น เพื่อที่จะหน่วงเหนี่ยวกำลังของโครงสร้างเหล็กกล้าไว้ การหุ้มห่อเหล็กกล้าด้วยคอนกรีตจึงเป็นสิ่งที่มีประโยชน์มาก ตามหลักปฏิบัติ โดยทั่ว ๆ ไปกำหนดให้คอนกรีตหุ้มมีความหนาไม่น้อยกว่า 50 มม. ถึงจะต้านทานความร้อนจากไฟได้เพียงพอ อย่างไรก็ตาม การพองตัวของเนื้อคอนกรีตอาจจะเกิดขึ้นได้ ถึงกระนั้นก็ตาม การทำเช่นนี้ก็ยังช่วยหน่วงไฟไว้ได้มาก เนื่องจากความเป็นฉนวนกันความร้อนที่ดี คอนกรีตน้ำหนักเบาจึงเป็นวัสดุอย่างดีเลิศสำหรับป้องกันโครงสร้างเหล็กกล้าในเวลาเกิดเพลิงไหม้ คอนกรีตสำหรับห่อหุ้มสมัยใหม่นี้ทำเป็นรูปบล็อคหรือเป็นแผ่น ตัวอย่าง แผ่นคอนกรีตฟองอากาศ คอนกรีตมวลรวมน้ำหนักเบา วัสดุน้ำหนักเบาที่ใช้กันมากมี foamed slag, expanded clay, sintered pulverised–fuel ash และ pumice วัสดุเหล่านี้ถือว่าเป็นมวลรวมน้ำหนักเบาชั้นหนึ่งในแง่ของการต้านทานไฟ และตัวมันเองก็ทนไฟดีด้วย

การเป็นฉนวนความร้อน

ลักษณะที่เด่นที่สุดของคอนกรีตน้ำหนักเบา คือ การเป็นตัวนำความร้อนที่เลว คุณสมบัตินี้มีผลเนื่องมาจากรูพรุนของวัสดุ ความต้านทานการไหลผ่านของความร้อนนี้มีประโยชน์มากสำหรับประเทศหนาว พอ ๆ กับสำหรับประเทศร้อนในการทำให้อากาศภายในอาคารมีอุณหภูมิที่พอเหมาะและช่วยลดค่าใช้จ่ายของเครื่องทำความร้อน หรือเครื่องปรับอากาศ ค่าการนำความร้อนของคอนกรีตน้ำหนักเบาชนิดต่าง ๆ ได้แสดงไว้เพื่อเป็นการเปรียบเทียบในตาราง 3

ประโยชน์ของคอนกรีตน้ำหนักเบา

คอนกรีตบล็อค

คอนกรีตมวลรวมน้ำหนักเบาและคอนกรีตฟองอากาศหล่อสำเร็จนิยมใช้กันมากสำหรับทำคอนกรีตบล็อค บล็อคเหล่านี้อาจจะทำเป็นแบบกลวงหรือแบบเนื้อเต็มก็ได้ และสามารถผลิตได้ง่ายมากในขนาดต่าง ๆ หลายขนาด คุณสมบัติต่าง ๆ กล่าวคือ ความหนาแน่น ความแข็งแรง และการเป็นฉนวนความร้อน ของคอนกรีตบล็อกน้ำหนักเบานี้ขึ้นอยู่กับชนิด

ห้องสมุด
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า ธนบุรี

ของมวลรวม ส่วนผสมของคอนกรีต และวิธีการผลิต

ในการใช้คอนกรีตบล็อคน้ำหนักเบาเหล่านี้ทำผนังอาคารด้านนอก ถ้าไม่ใช่ผนังสองชั้นแบบเป็นโพรงข้างใน โดยปกติ การฉาบผิวเป็นสิ่งจำเป็นเช่นเดียวกับในกรณีของคอนกรีตธรรมดา

ผนังอาคารหล่อในที่

คอนกรีตไร้มวลละเอียด ทั้งที่ทำด้วยมวลรวมหยาบน้ำหนักเบาและมวลรวมหยาบธรรมดา มีประโยชน์มากสำหรับทำผนังรับน้ำหนักแบบหล่อในที่ทั้งภายนอกและภายใน และผนังไม่รับน้ำหนักที่เป็นส่วนประกอบอุดช่องว่างระหว่างโครงของโครงสร้าง ผนังด้านนอกที่ทำด้วยคอนกรีตไร้มวลละเอียดนี้จำเป็นต้องมีการฉาบผิวเช่นกัน

คอนกรีตน้ำหนักเบาเสริมเหล็ก

คอนกรีตมวลรวมน้ำหนักเบาสามารถนำไปใช้กับองค์โครงสร้างสำคัญ ๆ เช่น เสา และคานได้ถ้าได้รับการอัดแน่นอย่างดี สำหรับกรณีที่ความแข็งแรงมีความสำคัญน้อยกว่าการเป็นฉนวนความร้อนที่ดี คอนกรีตมวลรวมน้ำหนักเบาที่ใช้อาจจะไม่ต้องอัดแน่นมากก็ได้ คอนกรีตมวลรวมน้ำหนักเบากำลังอัดสูง ๆ สามารถทำขึ้นได้โดยการเลือกใช้มวลรวมที่เหมาะสม การให้ส่วนผสมที่ถูกต้อง และการอัดแน่นที่ดี การเพิ่มในกำลังอัดของคอนกรีตนี้มักจะตามมาด้วยการเปลี่ยนแปลงในคุณสมบัติทางกายภาพอื่น ๆ เช่น ความหนาแน่น กำลังดึง และค่าพิกัดแห่งความยืดหยุ่น เพราะฉะนั้น คอนกรีตมวลรวมน้ำหนักเบาส่วนใหญ่สามารถใช้ในงานคอนกรีตเสริมเหล็กและกระทั่งงานคอนกรีตอัดแรงได้ แต่ต้องนำเอาคุณสมบัติพิเศษต่าง ๆ ของวัสดุมาพิจารณาในการออกแบบโครงสร้างด้วย

นอกจากนี้ คอนกรีตฟองอากาศหล่อสำเร็จก็สามารถใช้เป็นคอนกรีตเสริมเหล็กได้ด้วยถ้ามีการป้องกันการเกิดสนิมของเหล็กอย่างดี

คอนกรีตรองพื้น

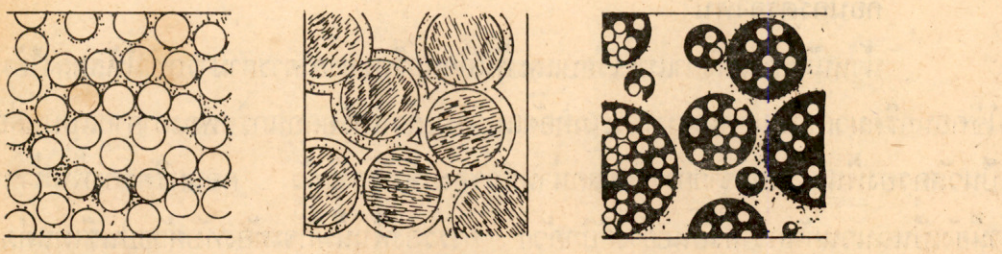
น้ำหนักของหลังคาแบบเรียบและพื้นคอนกรีตของอาคารสามารถทำให้ลดลงได้มาก ถ้าใช้คอนกรีตมวลรวมน้ำหนักเบาประเภทอัดแน่นบางส่วนหรือคอนกรีตฟองอากาศแบบหล่อในที่เป็นวัสดุรองพื้น นอกจากการช่วยลดน้ำหนักของอาคารลงแล้ว คอนกรีตรองพื้นน้ำหนักเบานี้ยังเป็นฉนวนกันความร้อนอย่างดีอีกด้วย การรองพื้นนี้มักจะต้องทับด้วยปูนซีเมนต์ผสมทรายสะอาดหรือ มวลรวมละเอียดอื่น ๆ ในอัตราส่วน 1 : 4 ก่อนการปูด้วยกระเบื้องหลังคาหรือการตบแต่งพื้น

ความหนาของคอนกรีตรองพื้นนี้ไม่ควรต่ำกว่า 40 ม.ม. แต่เพื่อเป็นฉนวนกันความร้อนของหลังคา ความหนาอาจจะต้องมากกว่านี้ ชนิดของคอนกรีตน้ำหนักเบาที่นำมาใช้ในงานนี้มีดังต่อไปนี้ พวก expanded perlite หรือ vermiculite และคอนกรีตฟองอากาศซึ่งทำให้น้ำหนักเบาและเป็นฉนวนกันความร้อนที่ดี แต่ถ้าต้องการให้คอนกรีตมีกำลังสูงด้วย ควรใช้พวก foamed slag, sintered pulverised–fuel ash หรือ expanded clay, shale and slate ในอัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อมวลรวม 1 : 8 ถึง 1 : 10

สรุป

คอนกรีตน้ำหนักเบาทั้งหมดที่ได้กล่าวมา โดยทั่ว ๆ ไปมีความแข็งแรงน้อยกว่าคอนกรีตเนื้อแน่นสำหรับปริมาณปูนซีเมนต์และอัตราส่วนน้ำ–ซีเมนต์เท่ากัน แต่ค่าความเป็นฉนวนทางความร้อนของคอนกรีตน้ำหนักเบาดีกว่าของคอนกรีตธรรมดาหลายเท่า โดยประมาณ ค่าความเป็นฉนวนความร้อนของคอนกรีตเป็นสัดส่วนอย่างผกผันกับความหนาแน่นและกับความแข็งแรงของมัน ข้อดีของคอนกรีตน้ำหนักเบา ก็คือ ความเป็นฉนวนความร้อนของมันสามารถทำให้เพิ่มขึ้นได้โดยไม่ทำให้เสียความแข็งแรงมาก คอนกรีตน้ำหนักเบาทั้งสามชนิดมีคุณสมบัติเป็นฉนวนความร้อนที่ดี สำหรับทำให้บ้านอบอุ่นในประเทศอากาศหนาวและทำให้ค่าใช้จ่ายทำความเย็นถูกลงในประเทศอากาศร้อน

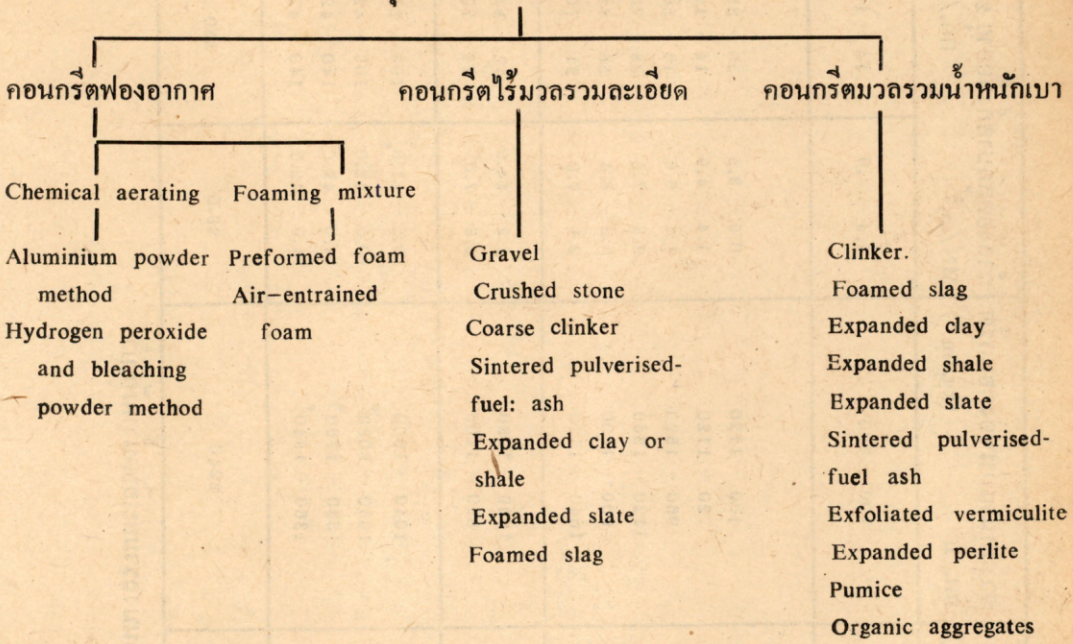
ถึงแม้ว่าในบางครั้งมวลรวมน้ำหนักเบาอาจจะมีราคาแพงกว่ามวลรวมเนื้อแน่น แต่การใช้คอนกรีตน้ำหนักเบาทำพื้นและผนังสามารถทุ่นน้ำหนักของอาคารได้มากถึงร้อยละ 20 นับว่าเป็นการประหยัดมากทีเดียว ตึกสูงหลาย ๆ ชั้นในประเทศสหรัฐอเมริกาทำพื้นผนัง และหลังคาด้วยคอนกรีตน้ำหนักเบามาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2488 และในประเทศอังกฤษตั้งแต่ปี พ.ศ. 2498 ประเทศสวีเดนรู้จักประโยชน์ของคอนกรีตฟองอากาศมาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2468



คอนกรีตฟองอากาศ (AERATED CONCRETE) | คอนกรีตไร้มวลรวมละเอียด (NO FINES CONCRETE) | คอนกรีตมวลรวมน้ำหนักเบา (LIGHTWEIGHT AGGREGATE CONCRETE)

รูป 1 คอนกรีตน้ำหนักเบาชนิดพื้น ๆ 3 ชนิด

กลุ่มของคอนกรีตน้ำหนักเบา



เอกสารอ้างอิง

1) "Manual Lightweight Concrete," by the Building Research Establishment of the Department of the Environment, Watford, England ; second draft–May 1972,

2) "Lightweight Concrete," by Andrew Short and William Kinniburgh, CR Books Ltd. 1968, Second edition (revised), London.

3) "Recommended Practice for Selecting Properties for Structural Lightweight Concrete," by ACI Committee 211, 213, 613 ; American Concrete Institute, Detroit, 1959

4) "Lightweight concrete made with expanded clay–Strength and Functional Problems," by H. Haegermann, Betonstein–Zeitung 36 (1970)

5) "Concrete Technology." volume I, by D.F. Orchard ; Properties of Material, 1962

6) "Composition and Properties of Concrete," by G.E. Troxell, H.E. Davis and J.W. Kelly, (second edition) New York. 1969.

ตารางที่ 1 ค่าทั่ว ๆ ไปของกำลังอัดสำหรับคอนกรีตน้ำหนักเบาชนิดต่าง ๆ

ชนิดของคอนกรีต	มวลรวม	ความหนาแน่นของมวลรวม กก./ม³ (kg./m.³)	ความหนาแน่นของคอนกรีต กก./ม³ (kg./m.³)	กำลังอัดลูกบาศก์เมื่ออายุ 28 วัน MN/m.²	กก./ซม.²
คอนกรีตฟองอากาศ (Aerated concrete)			400 – 800	1.4 – 4.9	14 – 49
คอนกรีตมวลรวมน้ำหนักเบาอัดแน่นบางส่วน (Partially compacted lightweight aggregate concrete)	Expanded vermiculite and perlite	64 – 240	400 – 1120	0.5 – 3.5	50 – 35
	pumice	320 – 880	720 – 1120	1.4 – 4.9	14 – 49
	Foamed slag	480 – 960	960 – 1520	1.4 – 5.6	14 – 56
	Sintered pulverised–fuel ash	640 – 960	1120 – 1280	2.8 – 7.0	28 – 70
	Expanded clay or shale	560 – 1040	960 – 1200	5.6 – 8.4	56 – 84
	Clinker	720 – 1040	1040 – 1520	2.1 – 7.0	21 – 70
คอนกรีตไร้มวลรวมละเอียด (No–fines concrete)	Natural aggregate	1360 – 1600	1600 – 1920	4.2 – 14.0	42 – 140
	Lightweight aggregate	480 – 1040	880 – 1200	2.8 – 7.0	28 – 70
คอนกรีตมวลรวมน้ำหนักเบาสำหรับโครงสร้าง (Structural lightweight aggregate concrete)	Pumice	480 – 880	1040 – 1600	10.5 – 21.0	105 – 210
	Foamed slag	480 – 960	1680 – 2080*	10.5 – 42.0	105 – 420
	Sintered pulverised–fuel ash	640 – 960	1360 – 1760*	14.0 – 42.0	140 – 420
	Expanded clay or shale	560 – 1040	1360 – 1840*	14.0 – 42.0	140 – 420
คอนกรีตธรรมดา (Dense concrete)	Gravel	1600	2240	28.0	280

*คอนกรีตเหล่านี้มีเนื้อแน่นโดยการใช้ทรายละเอียดแทนมวลรวมละเอียดน้ำหนักเบา

ตารางที่ 2 ค่าทั่ว ๆ ไปของการหดตัวเมื่อแห้งสำหรับคอนกรีตน้ำหนักเบา

วัสดุ (Material)	การหดตัวเมื่อแห้ง (Drying shrinkage) per cent
คอนกรีตไร้มวลรวมละเอียด (No-fines concrete)	
Natural aggregate	0.018
Lightweight aggregate	0.025
คอนกรีตมวลรวมน้ำหนักเบา (Lightweight aggregate concrete)	
Expanded vermiculite	0.25 – 0.35
Pumice	0.04 – 0.10
Foamed slag	0.03 – 0.07
Sintered pulverised–fuel ash	0.04 – 0.07
Expanded clay	0.04 – 0.07
Clinker	0.04 – 0.08
คอนกรีตฟองอากาศ (Aerated concrete)	
Precast	0.05
in–situ	0.5
คอนกรีตธรรมดา	
Dense gravel concrete	0.035

ตารางที่ 3 ค่าทั่ว ๆ ไปของการเป็นตัวนำความร้อนสำหรับคอนกรีตน้ำหนักเบา

วัสดุ (Material)	ความหนาแน่นของคอนกรีต (Dry density of concrete) กก./ม^3 (kg./m^3)	การเป็นตัวนำความร้อน (Thermal Conductivity 'K' value) W/m degC	Btu in/ft^2 deg F
Aerated concrete	400 – 800	0.08 – 0.20	0.60 – 1.4
Lightweight aggregate concrete :			
Expanded vermiculite and perlite	400 – 1120	0.11 – 0.29	0.75 – 2.0
Pumice	720 – 1280	0.14 – 0.36	1.0 – 2.5
Foamed slag	960 – 1520	0.22 – 0.43	1.5 – 3.0
Expanded clay or shale	960 – 1200	0.33 – 0.46	2.3 – 3.2
Clinker	1040 – 1520	0.35 – 0.58	2.4 – 4.0
Dense concrete	2320	1.2 – 1.7	8 – 12

อภินันทนาการ

จาก

โรงงานทอผ้า บริษัท ไทยคูราโบ จำกัด

ผู้ผลิตผ้าตราประตูทอง

อภินันทนาการ

จาก

บริษัท อุตสาหกรรมน้ำตาลปราณบุรี จำกัด

1-3 อาคารสำนักงานดุสิตธานี ชั้น 7 ศาลาแดง

ถนนพระราม 4 กรุงเทพมหานคร

โทร. 864276, 866111 ต่อ 66,68

วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของจีนแดง

ประวัติย่อ

*ดร. วุฒิ พันธุมนาวิน คณบดีคณะวิทยาศาสตร์และครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า ศูนย์ธนบุรี ได้รับคัดเลือกจากสมาคมนักวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ และได้รับอนุมัติจากคณะรัฐมนตรีให้ไปดูงานด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ณ ประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีน ตามคำเชิญของสมาคมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี แห่งสาธารณรัฐประชาชนจีน ระหว่างวันที่ 18 เมษายน 2518 ถึง วันที่ 10 พฤษภาคม 2518 (ขณะนั้น ประเทศไทยและสาธารณรัฐประชาชนจีน ยังมิได้มีสัมพันธ์ทางการทูต) รวมเป็นเวลาประมาณ 3 สัปดาห์

สาขาวิชาฟิสิกส์ ณ ประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีน

การไปดูงานวิทยาศาสตร์ ระหว่างวันที่ 18 เมษายน 2518–10 พฤษภาคม 2518

โดย ดร. วุฒิ พันธุมนาวิน*

ในระหว่างการไปดูงานตามคำเชิญของสมาคมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ซึ่งมีชื่อเป็นทางการว่า สภาวิทยาศาสตร์ (Academy of Science) ของสาธารณรัฐประชาชนจีนนั้นเจ้าหน้าที่ของรัฐบาลจีนได้ให้การต้อนรับเป็นอย่างดีกอร์ปด้วยไมตรีจิต และได้พาเข้าชมสถานที่ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับงานทางวิทยาศาสตร์ อาทิเช่น ชมระบบคอมมูนการเกษตร, โรงงานอุตสาหกรรมหนักและเบา, เหมืองถ่านหินและโรงกลั่นน้ำมันจากหินน้ำมัน (Shale) มหาวิทยาลัยต่าง ๆ ตลอดจนสถาบันวิจัยทางวิทยาศาสตร์ (Research Institutes) ในสาขาต่างๆ รัฐบาลจีนได้ตระหนักเป็นอย่างดีถึงความสำคัญของการประยุกต์ ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีต่อหน่วยงานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการผลิต ทั้งนี้เพื่อยกระดับและเพิ่มผลผลิตให้รวดเร็วทันต่อความต้องการของประเทศ การไปดูงานครั้งนี้พบว่า นโยบายทางวิทยาศาสตร์ระดับชาติของรัฐบาลจีนได้ถูกกำหนดไว้อย่างรัดกุมแน่นอนและสอดคล้องเป็นอย่างดีกับนโยบายด้านอื่น ๆ อาทิเช่น การพัฒนาชนบท, การเมือง ฯลฯ สภาวิทยาศาสตร์ ทำหน้าที่รวบรวมข้อมูลเสนอแนะนโยบายทางวิทยาศาสตร์ต่อพรรคคอมมิวนิสต์จีน เมื่อคณะกรรมการกลาง (Central Committee) ของพรรค ฯ พิจารณาเห็นประการใดก็กำหนดนโยบายสั่งให้สภาวิทยาศาสตร์เป็นผู้รับไปดำเนินการ

การไปดูงานด้านฟิสิกส์ตลอดระยะเวลา 3 สัปดาห์ในประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีนแบ่งออกเป็นด้านสำคัญ ๆ ได้ดังนี้

ด้านชนบท

ด้านโรงงานอุตสาหกรรมและนิทรรศการการค้า

ฟิสิกส์ในมหาวิทยาลัย

ฟิสิกส์ในสถาบันวิจัย

ด้านชนบท

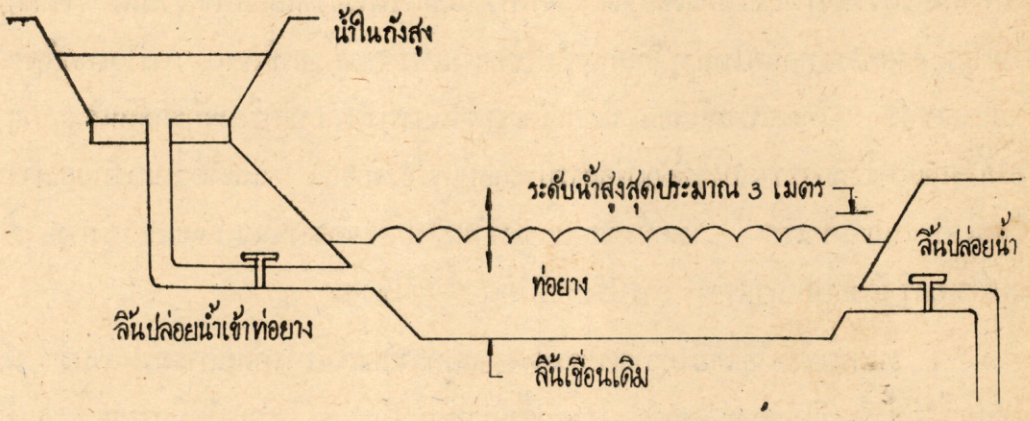
ในขณะที่พักอยู่ที่นครกวางเจา (Kwangchow) ซึ่งเป็นนครหลวงของมณฑลกวางตุ้ง (Kwangtung) เจ้าหน้าที่รัฐบาลจีน ได้จัดพาให้ชมคอมมูนทางการเกษตรซึ่งดำเนินการเพิ่มผลผลิตตามขบวนการผลิตแบบใหม่ภายหลังจากได้มีการปฏิวัติทางวัฒนธรรม (Cultural Revolution) แล้ว จากการฟังบรรยายสรุปของรองประธานคณะกรรมการปฏิวัติ (Revolutionary Committee) ประจำอำเภอแล้ว สรุปได้ความว่า **ข่ายวิทยาศาสตร์การเกษตร** แบ่งออกเป็น 4 ระดับดังนี้

1. ระดับอำเภอ (มีสถานีทดลองวิทยาศาสตร์ใหญ่)
2. ระดับคอมมูน (Commune)
3. ระดับกองการผลิตใหญ่ (Production Prigade)
4. ระดับกองการผลิตเล็ก (Production team)

นโยบายที่ข่ายวิทยาศาสตร์การเกษตรในระดับต่าง ๆ จะต้องดำเนินการนั้น ได้รับคำสั่งจากคณะกรรมการกลางของพรรค สั่งมาที่ระดับมณฑลต่อเนื่องลงมาจนถึงระดับกองการผลิตเล็ก งานทุกระดับมีการประสานงานกันเป็นอย่างดี **และมีคณะกรรมการปฏิวัติ** (สมาชิกได้รับการแต่งตั้งจากคณะกรรมการกลางของพรรค ฯ) **ทำการควบคุมและประเมินผลทุกระดับ** งานที่น่าสนใจทางด้านฟิสิกส์ที่ได้เห็นจากข่ายวิทยาศาสตร์การเกษตรนี้ คือ

1. การเพิ่มและลดระดับน้ำของฝายน้ำล้น โดยวิธีเปลี่ยนระดับความสูงของสันเขื่อน เขื่อนที่ไปชมนี้มีชื่อ หงฉิวเซิน ได้ถูกสร้างขึ้นในปี ค.ศ. 1958 เป็นแบบฝายน้ำล้น กล่าวคือมีสันเขื่อนสูงคงที่ (fixed height) ต่อมาได้มีการปรับปรุงพื้นที่เก็บน้ำเหนือฝายนี้ พบว่าสามารถเก็บน้ำเพิ่มขึ้นได้อีก ถ้าเพิ่มความสูงของสันเขื่อนขึ้นไปอีกประมาณ 2.50 เมตร จึงได้มีการดัดแปลงให้มีการเปลี่ยนระดับของสันเขื่อนขึ้น โดยใช้วัสดุและแรงงานจากท้องถิ่นนั้นโดยตรง ทั้งนี้เพื่อให้เป็นไปตามนโยบายของรัฐบาลที่ให้ยึดหลักช่วยตัวเอง (Self reliance) การดัดแปลงได้ทำกันในลักษณะง่าย ๆ, **ประหยัด และได้ผลตามความประสงค์** กล่าวคือ

เพิ่มความสูงของสันเขื่อนโดยใช้ท่อยางใหญ่เชื่อมติดกับสันเขื่อนเดิม ท่อยางนี้ทำให้พองโป่งและแฟบได้ การทำให้โป่งและแฟบนั้นใช้น้ำเป็นตัวเข้าไปแทนที่อากาศในท่อยาง เปรียบประดุจเป่าลูกโป่งให้พองมากน้อย แต่ในการนี้ใช้น้ำแทน การปล่อยน้ำเข้าออกท่อยางนั้นควบคุมโดยมีลิ้น บีด–เบีด ระบายน้ำ (ดูในรูป) โดยระบบ gravitational flow การเพิ่มส่วนสูงของสันเขื่อนนั้นทำได้ประมาณ 0–3 เมตร (แล้วแต่ขนาดของท่อยาง) การดัดแปลงเช่นนี้ ประหยัดดีในข้อที่ไม่ต้องลงทุนตอกเสาเข็มทำประตูน้ำ เพราะท้องถิ่นไม่มีเครื่องมือกลหนัก อย่างไรก็ตาม ข้อเสียก็คือ ระบบนี้ใช้ในสภาวะของอุณหภูมิต่ำกว่า 0°C ไม่ดีนัก เพราะน้ำแข็งตัว ยางเปราะง่าย ปกติแล้ว ท่อยางจะต้องเปลี่ยนทุก ๆ 2–3 ปี



(รูปนี้มองจากด้านใต้ของเขื่อน)

2. การคัดเลือกผสมพันธุ์ข้าวเจ้าสำหรับมณฑลกวางตุ้ง โดยใช้วิธีอาบรังสี (irradiation) เนื่องจากมณฑลกวางตุ้งมีลมมรสุมพัดปะทะเข้าเสมอ ทำความเสียหายแก่นาข้าวบ่อย ๆ จึงมีการพยายามคัดเลือกพันธุ์ข้าวเตี้ย (Short) แต่ให้ผลิตผล (Yield) สูง โดยวิธีอาบรังสีเมล็ดข้าว จากเตาปฏิกรณ์ปรมาณู (nuclear reactor) หรืออาบรังสีของคาร์บอนไดออกไซด์เลเซอร์ การอาบรังสีนั้นมิได้กระทำในระดับคอมมูน หากแต่กระทำในสถาบันวิจัยหรือในมหาวิทยาลัย แล้วส่งเมล็ดพันธุ์ข้าวให้ทางระดับท้องถิ่นทดลองปลูก

จากการดู ข่ายวิทยาศาสตร์การเกษตร พอจะสรุปได้ว่า รัฐบาลกลางของจีนและรัฐบาลระดับมณฑล มีนโยบายที่จะให้

1. ท้องถิ่นช่วยตนเองและยืนหยัดในแทบทุกด้านที่เรียกว่าแบบ self reliance
2. พยายามใช้ทรัพยากรที่มีอยู่ในท้องถิ่นพัฒนาท้องถิ่น และสนองความต้องการของท้องถิ่นเอง
3. มีการประสานงานกันในทุกระดับและมีการติดตามผลอยู่เสมอ

4. การวิจัยร่วมกัน ช่วยเหลือกัน ตลอดจนรับฟังปัญหาจากหน่วยต่าง ๆ ทุกระดับ ทำให้ทราบปัญหาที่แท้จริงและแก้ปัญหาได้ถูกจุด

5. รัฐบาลไม่มีนโยบายสนับสนุนผลงานของบุคคลใดบุคคลหนึ่งโดยเฉพาะ แต่จะสนับสนุน**ผลงานรวม** ไม่มีบุคคลใดบุคคลหนึ่ง "ได้หน้า"

ด้านโรงงานอุตสาหกรรมและนิทรรศการการค้า

ระหว่างการไปดูงานที่นครกวางเจา เซี่ยงไฮ้ และเซนยาง(หรือเมือง Mukden เดิม) เจ้าหน้าที่ของรัฐบาลจีนได้พาชมโรงงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ ตลอดจนนิทรรศการทางการค้าที่นครกวางเจา และนครเซี่ยงไฮ้ ได้พบว่าแม้แต่ในโรงงานอุตสาหกรรมนั้น หลักการทางฟิสิกส์ตลอดจนเทคนิคใหม่ ๆ ได้ถูกนำไปใช้อย่างแพร่หลาย อาทิเช่น การใช้เทคนิคของลำแสงเลเซอร์ โดยเฉพาะฮีเลียม–นีออนเลเซอร์ในการประกอบเครื่องจักรกลหนัก กล่าวคือได้ใช้เลเซอร์ในการวางแนวหลักเพื่อการประกอบเครื่องจักรกล และได้รับการบอกเล่าจากเจ้าหน้าที่ ในการต่อเรือ เทคนิคของเลเซอร์ในด้านการจัดวางแนว และความรู้ทางการใช้คอมพิวเตอร์จัดระบบการสร้าง การประกอบได้ถูกนำมาใช้งาน

ที่นครเซี่ยงไฮ้ได้มีโอกาสเข้าชมโรงงานอุตสาหกรรมทางทัศนศาสตร์ พบว่า เดิมโรงงานนี้ได้ตั้งขึ้นเมื่อ ค.ศ. 1953 โดยทำขึ้นส่วนทางด้านแสง ต่อมาได้มีการขยายงานเป็นการผลิตอุปกรณ์ทางทัศนศาสตร์เองได้ ในปัจจุบัน มีโรงงาน 9 หลัง โรงทำการวิจัยทดสอบ 1 หลัง และผลิตอุปกรณ์ทางทัศนศาสตร์ได้ 130 ชนิด อุปกรณ์และเครื่องมือหลักที่ผลิตได้ คือ

1. เลนส์กรองแสง
2. กล้องจุลทัศน์
3. กล้องสำรวจ
4. อุปกรณ์วัดทางทัศนศาสตร์
5. เลนส์สำหรับกล้องภาพยนตร์
6. กล้องถ่ายภาพ และอุปกรณ์การถ่ายภาพทางชีววิทยาและโลหะวิทยา
7. อุปกรณ์ทัศนศาสตร์ที่ใช้ในการแพทย์
8. ทำตัวต้นแบบเพื่อให้โรงงานอื่นผลิต

อุปกรณ์ที่ผลิตได้เหล่านี้ ได้สนองความต้องการของประเทศ และได้ส่งออกไปจำหน่ายในต่างประเทศและช่วยเหลือประเทศโลกที่สาม

มีข้อน่าสังเกตคือ โรงงานนี้ได้มีความร่วมมืออย่างใกล้ชิดกับมหาวิทยาลัยต่าง ๆ ที่มีภาควิชาหรือสาขาวิชาเกี่ยวข้องกับขบวนการผลิตของโรงงานเป็นต้นว่า โรงงานได้ร่วมมือกับมหาวิทยาลัยชิงหัว ปักกิ่ง และมหาวิทยาลัยฟูตานที่เซี่ยงไฮ้ ได้มีการส่งนักศึกษามาฝึกงานในโรงงาน ตลอดจนส่งอาจารย์มาศึกษาและปรับปรุงเทคนิคของขบวนการผลิตด้วย ทางโรงงานได้จัดให้มีการประชุมประจำปีขึ้นเพื่อหาทางปรับปรุงกรรมวิธีการผลิตให้ดีขึ้น

นอกจากนั้นที่นครกวางเจาและเซี่ยงไฮ้ได้มีโอกาสไปชมนิทรรศการ ทางการค้า ในงานนั้นได้มีการแสดงผลิตผลทางเกษตรและอุตสาหกรรมต่าง ๆ ที่พร้อมจะส่งไปใช้งานหรือขายต่างประเทศได้ พบว่ามีนักธุรกิจการค้าจากประเทศต่าง ๆ ทั่วโลกมาชมและสั่งซื้อสินค้าเป็นจำนวนมาก จากการชมงานนิทรรศการนั้นพบว่าอุตสาหกรรมด้านที่เกี่ยวข้องกับสาขาวิชาฟิสิกส์นั้นมีอยู่มาก และอยู่ในระดับที่ค่อนข้างก้าวหน้า เป็นต้นว่า จีนผลิตเครื่องมือสำรวจโดยใช้แสงเลเซอร์ แทนกล้องส่องทางไกล เครื่องมือนี้ให้การวัดระยะทางแม่นยำดีกว่าการใช้กล้องส่องมาก นอกจากนั้น ยังผลิตคาร์บอนไดออกไซด์เลเซอร์ เพื่อใช้ในการตัดเชื่อมโลหะอย่างประณีตอีกด้วย อุปกรณ์ทางอีเลคโทรนิคส์ ก็ผลิตออกมาหลายชนิด เช่น วิทยุ โทรทัศน์ คอมพิวเตอร์ มิเตอร์วัดทางไฟฟ้า เครื่องกำเนิดพลัง เครื่องออสซิลโลสโคป เครื่องออสซิลโลสโคปที่ทำได้มี Time sweep rate สูงสุดเพียงหนึ่งในล้านของวินาที ขั้นระดับ nano second ยังทำไม่ได้ นอกจากนั้นก็มีเครื่องมืออีเลคโทรนิคส์ใช้ในการแพทย์ ระบบของวงจรต่าง ๆ นั้นใช้พวกกึ่งตัวนำ,ทรานซิสเตอร์ และบางอย่างเป็นแบบ integrated circuit ก็มี ในเรื่องระบบโทรคมนาคมก็ได้มีการสร้างเครื่องส่ง microwave ตลอดจนการผลิตเรดาร์ เพื่อใช้นำร่อง สำหรับเรือเดินสมุทรซึ่งจีนผลิตได้เองแล้ว

ฟิสิกส์ในมหาวิทยาลัย

การศึกษาด้านฟิสิกส์ในประเทศจีน ได้มีการประสานต่อเนื่องกันจากระดับมัธยมจนถึงมหาวิทยาลัยและสถานวิจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง เจ้าหน้าที่ของรัฐบาลจีนได้พาเข้าชมกิจการของมหาวิทยาลัยจุงชาน นครกวางเจา มณฑลกวางตุ้ง มหาวิทยาลัยชิงหัว นครปักกิ่ง และมหาวิทยาลัยฟูตาน นครเซี่ยงไฮ้ ตามมหาวิทยาลัยดังกล่าว ได้มีการสอนฟิสิกส์เน้นหนักไปทางด้านประยุกต์และพยายามศึกษาติดตามวิทยาการใหม่ที่ค้นพบในประเทศตะวันตก หลักสูตรในระดับปริญญากำหนดไว้ประมาณ 3 – 3½ ปี ในจำนวนเวลาที่กำหนดไว้นี้ ประมาณ 50% ของเวลาทั้งหมดนักศึกษาจะใช้ไปในการออกชนบทหรือโรงงาน เพื่อฝึกหัดงาน เรียนรู้ระบบจริง นอกจากนั้น

ยังจะต้องใช้เวลาอีกประมาณ 10–15% ของเวลาทั้งหมดเข้าฝึกอบรมและศึกษาลัทธิการเมืองและอบรมวัฒนธรรมแผนใหม่ (ได้มีการปรับปรุงวัฒนธรรมอย่างมาก ภายหลังจากเกิดการปฏิวัติทางวัฒนธรรม ระหว่างปี ค. ศ. 1966–1970)

ภาควิชาฟิสิกส์ ที่มหาวิทยาลัยจุงชาน มณฑลกวางตุ้ง ได้มีการเน้นการสร้าง, วิจัยและประยุกต์เกี่ยวกับเลเซอร์ พบว่ามี Argon Laser, CO_2 Laser, Helium Neon Laser, N_2 – Laser งานเลเซอร์ทั้งหมดดูเหมือนเพิ่งจะเริ่มต้นในเวลาไม่นานนัก อย่างไรก็ตามได้มีการทดลองใช้ CO_2 Laser ฉายเมล็ดพันธุ์ข้าวเพื่อดู Mutation และพยายามจะผสมพันธุ์ข้าว ให้ได้พันธุ์ข้าวเตี้ย เพื่อหลบลมมรสุมที่มีอยู่เสมอในฤดูทำนาของมณฑลกวางตุ้ง ได้มีการร่วมมือกับภาควิชาชีววิทยาในด้านการประยุกต์วิชา nuclear physics โดยใช้ไอโซโทปศึกษาเกี่ยวกับ genetics และการเจริญเติบโตของพืช เช่น ใช้ C^{14} ศึกษาฮอร์โมนของพืชในการเกิดการสังเคราะห์แสง ภาควิชาฟิสิกส์ของมหาวิทยาลัยจุงชาน มีนักศึกษาภาคปกติประมาณ 300 คน (พวกสมทบมีอีกมาก โดยมากเป็นการเรียนแบบสั้น short course ตามโรงงานและคอมมูน) มีอาจารย์และครูปฏิบัติการประมาณ 170 คน ในจำนวนนี้มีอาจารย์วุฒิปริญญาเอก (Ph.D) ประมาณ 2–3 คน วุฒิปริญญาโท (M.Sc) ประมาณ 10–15 คน นอกนั้นวุฒิ B.Sc หรือต่ำกว่า อย่างไรก็ตามดูตามอัตราส่วน อาจารย์/นักศึกษาแล้ว เท่ากับ 1:2 ตามเป้าหมายที่กำหนดไว้จะรับนักศึกษาเต็มที่ในอัตราส่วน อาจารย์/นักศึกษาเป็น 1:5

การประยุกต์ทางฟิสิกส์ที่มหาวิทยาลัยชิงหัวนั้น เน้นหนักไปทาง micro electronics เกี่ยวกับพวก transistor และ integrated circuit ได้มีการฝึกในห้องปฏิบัติการ electronics สำหรับนักศึกษาชั้นปีที่ 1 โดยเอาคอมพิวเตอร์ตัวจริงซึ่งเป็นแบบง่าย ๆ ทำในจีนมาให้นักศึกษาวิเคราะห์ดูวงจรและส่วนประกอบต่าง ๆ และศึกษา characteristics ของส่วนต่าง ๆ ในชั้นปีสุดท้าย (ปีที่ 3) นักศึกษาจะต้องมีผลงานด้านปฏิบัติ (project) ที่สามารถนำไปใช้ทำงานได้อีกด้วย เช่น ช่วยสร้างคอมพิวเตอร์ ทำชิ้นส่วน (chip) ของ integrated circuit ทำตัวอย่างเลเซอร์แบบใหม่ ฯลฯ เป็นต้น

ที่มหาวิทยาลัยฟูตาน นครเซี่ยงไฮ้ ได้มีโอกาสเข้าชมห้องปฏิบัติการเลเซอร์ของนักศึกษาและชมห้องปฏิบัติการทางนิวเคลียร์ฟิสิกส์ ซึ่งมีแวนเดอร์กราฟขนาดที่ให้พลังงานแก่โปรตอนเท่ากับ 2–4 Mev. (million electron volts) ได้มีการศึกษาทางนิวเคลียร์ฟิสิกส์พลังงานต่ำและการทำ ion implantation โดยเครื่อง Van de Graff ทั้งนี้เพื่อทำให้เกิด junction เช่น p-n junction ในวัสดุกึ่งตัวนำ เทคนิคแบบ ion implantation นี้ได้ผลแน่นอนและดีกว่าวิธีการ

ทำ p-n junction แบบ diffusion นอกจากนั้นยังได้มีการเน้นการศึกษาฟิสิกส์ในด้านทัศนศาสตร์ โดยมีการร่วมมืออย่างใกล้ชิดกับโรงงานอุตสาหกรรมทางทัศนศาสตร์ในบริเวณใกล้เคียงอีกด้วย

เป็นที่น่าสังเกตว่า แม้แต่ในมหาวิทยาลัยเองก็ยังมีคณะกรรมการปฏิวัติ ซึ่งแต่งตั้งโดยตรงจากคณะกรรมการกลางของพรรคคอมมิวนิสต์จีน ทำหน้าที่ควบคุมการดำเนินงานทุกอย่าง แม้แต่หลักสูตร คณะกรรมการนี้มีอนุกรรมการประจำอยู่ทุกภาควิชา อีกประการหนึ่ง **ระบบการบริหารในมหาวิทยาลัยนั้น ไม่มีการแบ่ง disciplinary ออกเป็นคณะ (Faculty) แต่จะแบ่งออกเป็นภาควิชา (Department) โดยตรงเลย** ตัวอย่างเช่น มหาวิทยาลัยจุงชาน มี 11 ภาควิชา มหาวิทยาลัยชิงหัวมี 14 ภาควิชา เป็นต้น ข่าวที่น่าสนใจอย่างยิ่งก็คือ หลักสูตรระดับปริญญา 3–3½ ปีนั้น ดูเหมือนว่าเป็นการเตรียมออกไปทำงานตามคอมมูนหรือโรงงานอุตสาหกรรม เพื่อสนองความต้องการทางด้านงานวิจัยระดับสูง ในสถาบันวิจัยพบว่ามหาวิทยาลัยฟูตานจะเปิดสอนหลักสูตร 2 ปี ต่อออกจาก 3½ ปีแรก **โดยเริ่มสอนเป็นครั้งแรกในปี ค.ศ. 1975** หลักสูตร 2 ปีนี้จะเน้นหนักทาง course work และวิจัยมากขึ้น

ฟิสิกส์ในสถาบันวิจัย (Research Institute)

Institute of Physics, Peking

จากการบรรยายสรุปของผู้รับผิดชอบ Institute of physics นั้น Institute ได้ตั้งขึ้นเมื่อปี ค.ศ. 1950 ซึ่งในขณะนั้นทราบว่ามีนักวิจัยประจำยังมีจำนวนน้อย มีอยู่ 2–3 คน ทำการวิจัยในด้าน spectroscopy และกลุ่มทาง crystallography ก็ยังเป็นกลุ่มเล็ก เครื่องมือหลักในการวิจัยมีเป็นต้นว่า spectroscope compton spectrometer ในปัจจุบันนี้ Institute ได้ขยายกิจการออกไปหลายสาขาวิชาในทางฟิสิกส์ และมีเจ้าหน้าที่และผู้วิจัยรวมทั้งสิ้นประมาณ 700 คน งานวิจัยในขณะนี้แบ่งออกเป็นสาขาต่าง ๆ ได้ 8 สาขา (Departments) งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยระดับชาติ และเน้นหนักไปทาง Basic and applied research ซึ่งในบางกรณีก็มีการร่วมมือกันกับสถาบันอื่นและมหาวิทยาลัยต่าง ๆ เช่น การวิเคราะห์ดูโครงสร้างของอินซูลินฮอร์โมน ซึ่งสังเคราะห์ได้ที่ Institute of Biochemistry, Shanghai การวิเคราะห์โครงสร้าง ทาง Institute of Physics, Peking ได้ให้ความร่วมมือ แนวของการวิจัยนั้น Academy of Science ซึ่งควบคุมสถาบันวิจัยเป็นผู้กำหนด

งานของ Institute of Physics แบ่งออกเป็นสาขา (Departments) ใหญ่ ๆ ได้ 8 สาขา คือ

1. **สาขาทาง** High Temperature และ plasma งานนี้ได้เริ่มเมื่อปี ค.ศ. 1960 โดยมีจุดมุ่งหมายในการทำวิจัยเกี่ยวกับ Thermo nuclear Fusion เป็นหลัก ในปัจจุบันนี้สามารถสร้างเครื่องมือต่าง ๆ เอง เครื่องมือหลัก :-

- Plasma focusing device
- Zeta pinch apparatus.
- Laser Plasma System.
- Takomak.

เครื่อง Takomak เพิ่งสร้างเสร็จเมื่อเดือนกรกฎาคมปีที่แล้ว ขณะนี้ได้ใช้เครื่องมือต่าง ๆ ศึกษาเกี่ยวกับ plasma diagnostic study.

2. **สาขา** Magnetism ได้มีการวิจัยเกี่ยวกับ permanent magnet และทาง Soft magnetic material (silicon steel) โดยเน้นหนักไปทางด้านเทคนิคเกี่ยวกับ Thin film, ferrite ในรูปของ Bulk และในรูปของการนำไปใช้ใน computer core memory และการประยุกต์ในด้าน microwave การวิจัยในระยะหลังนี้ ก็เนื่องจากได้มีการปฏิวัติทางวัฒนธรรม (Cultural Revolution) จึงทำการวิจัยหนักในทางการประยุกต์เข้ากับ computer และ microwave.

3. **สาขา** Laser สาขานี้เพิ่งเป็นสาขาใหม่ เริ่มตั้งเมื่อปี ค.ศ. 1969 (ประมาณ 9–10 ปี หลังจากทางประเทศสหรัฐอเมริกาได้ค้นพบกรรมวิธีผลิตลำแสงเลเซอร์ได้) สาขาวิชานี้ได้วิจัยอย่างจริงจัง และเริ่มแบบปูพื้นฐานเพื่อการวิจัยในอนาคต ดังเช่นได้มีหน่วยเพาะผลึก (crystal growing unit) ทำผลึกต่างๆ ที่จะใช้เป็น Laser medium ได้มีการสร้างขึ้นเองของเลเซอร์หลายชนิดและหลายแบบ บางแบบองค์ประกอบของระบบ Laser ได้อาศัยชิ้นส่วนจากต่างประเทศ แต่ส่วนใหญ่จีนทำเอง ตัวของเลเซอร์หลักคือ Ga_x As_y Laser ซึ่งเปลี่ยนจำนวนองค์ประกอบของ Ga และ As เพื่อเปลี่ยนช่วงคลื่น (x), He–Ne Laser, Argon Laser, CO_2 Laser, N_2 Laser, Nd: Glass และ Nd: YAG Laser ที่น่าสนใจคือ การวิจัยทาง Thermonuclear Fusion โดยใช้ Nd: Glass Laser ได้เริ่มขึ้นแล้ว แต่ยังใช้ Laser pulse ในขนาด nanosecond regime ซึ่งเป็นผลงานของประเทศตะวันตก ในช่วงปี ค.ศ. 1964–1967 (เป็นการคาดคะเนเท่าที่เขาได้จัดให้ชมห้องปฏิบัติ ซึ่งคาดว่าอาจจะมีการวิจัยมากกว่านี้ในแหล่งวิจัยอื่น) นอกจากนี้ได้มีการเริ่มต้นงานค้นคว้าในสาขา Non linear optics และ opto electronics และการใช้ Laser ในด้าน information processing และ communication

4. **สาขา** Crystallography ได้มีงานวิจัยแบ่งออกเป็นหน่วยย่อย ๆ คือ

ก. การทำผลึก (crystal growing) สำหรับใช้เป็น laser medium เช่นการ

เพาะผลึก YAG. (Yittrium Aluminium Garnet)., Li_2O_3 ฯลฯ และศึกษาถึงสภาพต่าง ๆ ในการเพาะผลึก

ข. Crystal structure analysis และการวิเคราะห์โครงสร้างของอินซูลิน (ซึ่งสังเคราะห์ได้ที่ Institute of Biochemistry, Shanghai ในปี ค.ศ. 1965) งานวิเคราะห์อินซูลินนี้ เริ่มในปี ค.ศ. 1967 โดยใช้ X-rays diffraction technique งานในหน่วยนี้ (การวิเคราะห์เกี่ยวกับ Biophysics) จะได้ย้ายไปอยู่กับ Institute of Biophysics ที่ Shanghai ในระยะยาว

5. **สาขา** Low Temperature Physics เกี่ยวกับ cryogenic technique ได้เริ่มขึ้นในปี ค.ศ. 1965 โดยพยายามค้นหาเทคนิคในการผลิต Liquid Helium และการเก็บรักษากรรมวิธีและเครื่องมือในการผลิต Liquid Helium นี้ จีนได้สร้างทำเอง เครื่องมือผลิตนี้มีขีดความสามารถทำ Liquid Helium ได้ 20 ลิตร/ชั่วโมง

ได้มีการศึกษาเกี่ยวกับ Super conduction ในด้าน characteristic ต่างๆ ของวัตถุหลายประเภท ศึกษา Josephson Effect., การทำ Super conducting magnet เพื่อใช้สร้าง Particle Accelerator ขนาดใหญ่ที่สามารถเร่งอนุภาคให้มีพลังงานสูง ตลอดจน Super conducting gravity meter.

6. **สาขา** High Pressure Physics สาขานี้ได้มีแนวของการวิจัย ในการวัด compressibility ของวัตถุหลายชนิด และโดยเฉพาะได้ทำการสังเคราะห์เพชรเทียม (Synthetic diamond) เพื่อประโยชน์ในทางอุตสาหกรรมต่าง ๆ เช่น ทำปลายของเครื่องเจาะหินเพื่อขุดหาน้ำมัน เครื่องทำเพชรเทียมเป็นเครื่องอัดแรงสูง สามารถอัดได้ 35–100 kilo bar.

7. **สาขา** Acoustic สาขาวิชานี้ได้มีแนวศึกษาวิจัยในการประยุกต์ โดยแบ่งหน่วยงานออกเป็น

ก. Linguistical Acoustic โดยได้มีการวิจัยในด้าน frequency spectrum ของ Chinese dialects ต่าง ๆ เพื่อให้รู้แน่ชัดในการออกเสียง ทั้งนี้ก็เพื่อนำไปใช้เกี่ยวกับ Computer typing from speech.

ข. การประยุกต์ของ Ultra sonic เช่น การทำ microwave natography

ค. เกี่ยวกับการศึกษา noise pollution ตามโรงงานต่าง ๆ เช่นโรงงานทอผ้า เพราะขณะนี้จีนผลิตเครื่องทอผ้าเอง แต่มีเสียงดังมากในการทอและร่วมมือกับเทศบาลนครปักกิ่งและนครอื่น ๆ ในการหาทางขจัด noise pollution ซึ่งจะมีตามมาในอนาคต

8. **สาขา** Theoretical Study ได้มีการวิจัยทางทฤษฎีขั้นมูลฐานในหลายแขนง

เช่น

- แขนงอนุภาคมูลฐาน (elementary particles)
- Relativity.
- Solid State Physics ในด้าน Statistical Method, phase transition, critical phenomena.
- Astrophysics ได้มี Observations อยู่หลายแห่ง ที่มีชื่อคือ Observation Station ที่ Nanking และที่ Peking ได้มีการศึกษา Radio astronomy ด้วย

ในการดู Institute of Physics นี้ พบว่าทางสาขา Nuclear Physics ไม่มีโดยตรง แต่พบว่าทางสาขา Nuclear Physics นั้น ได้รับการยกฐานะเป็น Institute of Nuclear Physics อยู่ต่างหากออกไป Institute of Physics ซึ่งก็เช่นเดียวกันกับ Institute of Biophysics. Shanghai แยกตัวออกจาก Institute of Physics ทั้งนี้คาดว่าแล้วแต่กรรมการกลางในการบริหารประเทศของพรรคคอมมิวนิสต์ จะเน้นความสำคัญในการวิจัย เพื่อเสริมและเร่งผลผลิตไปในแนวไหน

สถาบันวิจัยปรมาณู (Institute of Nuclear Physics,)

สถาบันนี้อยู่นอกเมืองปักกิ่งประมาณ 50–60 km โดยใช้เวลานั่งรถวิ่งออกจากโรงแรมประมาณ 1 ชั่วโมง สถาบันนี้อยู่ภายใต้การควบคุมของ Academy of Science ได้มีการทำการวิจัยทาง Nuclear Physics ในด้านFundamental researchอย่างในประเทศตะวันตก คือไม่เน้นไปในทาง application ของสาขาวิชา หากแต่มุ่งค้นคว้าและทดลองหลักวิชาและทฤษฎีชั้นสูงในสาขา Nuclear Physics ในด้านการประยุกต์อาจมีบ้างในสาขา Isotope.

ที่สถาบันนี้มีเครื่องมือหลัก :–

- Reactor ซึ่งมีขนาด 7–10 kw โดยใช้ D_2O เป็น moderator และใช้ enriched uranium 2.2% เป็นเชื้อเพลิง
- Van de Graff accelerator ประมาณ 3 Mw. (Proton)
- Cyclotron accelerator 24 Mw. (α–particle)
- ห้องวิเคราะห์และปฏิบัติการ isotope

เครื่องมือหลักเหล่านี้ รัสเซียเป็นผู้สร้างให้ โดยออกแบบตึก ห้องทดลอง ฯลฯ ให้ทั้งสิ้น โดยเริ่มติดตั้งและสร้างตึกประมาณปี ค.ศ. 1956 และเสร็จในปี ค.ศ. 1958 อย่างไรก็ตามจะเห็นได้ชัดจากการที่อาศัยชาติอื่นมาทำให้ ซึ่งพบว่ารัสเซียออกแบบให้จีนมีขีดความสามารถในการทำวิจัยทาง Nuclear Physics อย่างจำกัด เช่นเครื่อง Cyclotron ใหญ่ ห้องที่ตัวเครื่องตั้งอยู่กว้างขวาง แต่บริเวณทำการทดลอง scattering experiment นั้น (ซึ่งอยู่ถัดไป) แคบมาก ทำ experiment ได้ลำบาก หรือกรณีการวิเคราะห์ isotope นั้น ตึกปฏิบัติการวิเคราะห์ isotope อยู่ห่างจาก reactor ประมาณ 500–600 เมตร และไม่มีระบบการส่ง isotope อย่างดี คือใช้ระบบถ่ายอย่างธรรมดา ทำให้การวิจัยเกี่ยวกับ short half life ไม่ได้ผลดี นี่เป็นอุทธาหรณ์ที่ยังต้องอาศัยชาติอื่นอยู่ในด้าน advanced technology.

ได้มีการวิจัยเกี่ยวกับ neutron diffraction.

สำหรับ isotope production มี 8 section ในการวิเคราะห์และเตรียม ส่วนใหญ่เตรียม isotope ในทางแพทย์และการเกษตร ขณะนี้มีความต้องการมาก แต่ผลิตไม่พอ

เป็นที่น่าสังเกตอีกอย่างหนึ่ง คือ Detector ในการใช้ตรวจวัดในงานนี้ จีนผลิตขึ้นเองตั้งแต่ Geiger Counter, NaI สำหรับ Scintillation Counter และ Solid State Detector.

ทาง Cyclotron Accelerator นั้น ในตอนเริ่มต้น รัสเซียสร้างให้แบบธรรมดา ต่อมาจีนได้ดัดแปลงให้เป็น isochronous แล้ว โดยมี spiral ridge magnet เป็น sector 4 แฉก ได้เพิ่มประสิทธิภาพและพลังงานให้แก่อนุภาคที่เป็นตัววิ่งชน (incident particle) ขณะนี้ได้ทำการศึกษาปฏิกริยาต่างๆ เช่น C^{12} (d, α)., O^{16} (d, α)., O^{16} (α, p) ซึ่งเป็นแบบ stripping หรือ pick up reaction ซึ่งจัดอยู่ใน direction nuclear reaction การศึกษานี้เป็นการเปิดทางให้เข้าใจในเรื่อง structure และกฎเกณฑ์ต่างๆ ในเรื่อง nuclear force.

ที่น่าสังเกตอีกประการหนึ่ง คือ facilities ต่างๆ ของสถาบันนี้ ไม่ค่อยได้ใช้งานเต็มที่ ดูๆ คล้ายเป็นเครื่องมือเก่า เชื่อว่ามีสถานีวิจัย Nuclear Physics ที่ทันสมัยกว่านี้อีกที่จีนไม่ได้จัดให้ชม เช่น การวิจัยทาง neutron physics ซึ่งนำไปสู่การทำ Atomic Bomb.

สรุปโดยทั่วไปของการดูงานทางฟิสิกส์ ณ ประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีน

1. ได้ดูงานทางวิชาการฟิสิกส์จริง ๆ ประมาณ 5 วัน จากจำนวน 21 วัน ที่ไปอยู่จีน ส่วนเวลาที่เหลือนั้นเป็นการไปดูงานด้านอื่น และด้านที่นำฟิสิกส์ไปใช้ในระดับโรงงานและคอมมูน ในจำนวน 5 วันนี้ ดูตามมหาวิทยาลัยและ Institute of Physics, Institute of Nuclear Physics.

2. จากการที่ได้รับการพาชมจากสมาคมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศจีนนั้น พบว่าประเทศจีนมีการเตรียมงานวางพื้นฐานในการสอน การเรียน และนโยบายระดับชาติที่เกี่ยวกับฟิสิกส์ดี และประสานกันอย่างยิ่งในทุกระดับ ทั้งนี้ก็เพื่อจุดประสงค์ในการเพิ่มผลผลิตทางเกษตรกรรม และอุตสาหกรรม โดยอาศัยหลักที่ว่า (1) **ต้องมีการประสานกัน** (2) **รับใช้มวลชน** (ชนชั้นกรรมาชีพ) (3) **ยืนบนลำแข้งของตนเอง** (self reliance) ในทุกระดับ

3. โครงการต่าง ๆ ตลอดจนการวิจัยนั้น ขึ้นอยู่กับนโยบายการดำเนินการและสั่งการของสภาวิทยาศาสตร์ (Academy of Science) ซึ่งรับนโยบายโดยตรงจากคณะกรรมการกลาง (Central committee)

4. ประเทศจีน, ในเริ่มแรกพยายามปูพื้นฐานอย่างดีในการผลิตบัณฑิตทางฟิสิกส์ออกไปรับใช้ชนบทและโรงงานอุตสาหกรรม จนถึงระดับหนึ่งที่ชนบทและอุตสาหกรรมพัฒนาดีพอ ซึ่งเริ่มมีนโยบายผลิตองค์บุคคลที่สามารถทำวิจัยขั้นสูงต่อไป (ดูรายงานจาก Futan University ในหลักสูตรพิเศษ 2 ปี ต่อจากพื้นฐาน 3 ปี)

5. เทคโนโลยีของประเทศจีนในทางฟิสิกส์ นับว่าไปได้ไกลมาก แต่ก็ยังห่างจากประเทศตะวันตกอยู่ ซึ่งพยายามไล่ให้ทันอย่างรวดเร็ว ดังจะเห็นได้จากการปรับปรุงหลักสูตรและวิธีการสอนในทุกระดับ ภายหลังการปฏิวัติวัฒนธรรม (Cultural Revolution) แล้ว ทั้งนี้เพื่อจุดประสงค์ใหญ่คือตามให้ทันรัสเซียและอเมริกาโดยวิธีลัดของประเทศจีนเอง ซึ่งจากการสังเกตดูว่าวิธีของเขาได้ผลดี จริงอยู่ขณะนี้ผลิตผลต่าง ๆ ยังไม่พอกับความต้องการของประชาชน แต่ก็มีแนวโน้มว่าผลิตเพิ่มขึ้นในอัตราที่สูง

6. ในการเพิ่มผลผลิตโดยวิธีการนำเทคนิคทางวิทยาศาสตร์เข้าไปใช้ ตลอดจนการวิจัยขั้นมูลฐานทางวิทยาศาสตร์นั้น พบว่าประเทศจีน (ประเทศสังคมนิยมจัด) ยังคงอาศัยกรรมวิธีของระบบนายทุน (capitalism) คือให้สินน้ำใจในรูปของเงินตอบแทนสูง ดังได้ทราบว่า เช่น อาจารย์ในมหาวิทยาลัยได้เงินเดือนประมาณ 100–300 ยวนต่อเดือน นักวิทยาศาสตร์ระดับชาติ (ทำงานในสถาบันค้นคว้าต่าง ๆ ได้ประมาณ 500–600 ยวนต่อเดือน ซึ่งเมื่อเทียบกับรายได้เฉลี่ยของกรรมกรซึ่งได้ 60 ยวนต่อเดือน โดยทั่ว ๆ ไป ชีวิตความเป็นอยู่ของนักวิทยาศาสตร์จีนยังดีกว่าชีวิตของกรรมกรมาก นับว่าเป็นแรงกระตุ้นอย่างหนึ่งในการชักจูงนักวิชาการให้สนใจวิชาการของตนและเร่งผลผลิต.

พลังลม

ดร. ไพรัช ธัชยพงศ์

1) **บทนำ** การนำพลังลมมาใช้ประโยชน์ไม่ใช่สิ่งที่ใหม่สำหรับประเทศไทย ซึ่งแม้ปัจจุบันก็ยังใช้กังหันลมวิดน้ำเข้านาข้าวหรือนาเกลือ แต่ไม่ใคร่มีหลักฐาน ปรากฏว่าเคยเปลี่ยนพลังลมไปเป็นรูปอื่นที่เป็นประโยชน์มากยิ่งขึ้น เช่น พลังงานไฟฟ้า และการศึกษาโดยมีหลักวิชาวิศวกรรมศาสตร์เป็นเกณฑ์ที่หายาก ซึ่งตรงกันข้ามกับในต่างประเทศ เช่น อเมริกา, รัสเซีย, ฝรั่งเศส, สวิสเซอร์แลนด์, เนเธอร์แลนด์และอื่น ๆ ที่ศึกษากันมานาน เคยมีโรงงานผลิตกระแสไฟฟ้าขนาดเป็นเมกกะวัตต์มาแล้ว **ปัจจุบันเนื่องจากภาวะทางเศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อมเป็นพิษ ทำให้พลังลมเริ่มกลับมามีบทบาทใหม่อีกครั้งหนึ่ง** การค้นคว้าก็ได้รับการสนับสนุนต่อหน่วยงานของรัฐบาล เช่น NASA และ NSF ของอเมริกา

2) **สถานการณ์ในอดีตและปัจจุบัน**

โรงงานผลิตกระแสไฟฟ้าที่ใหญ่ที่สุดในอดีตคือที่ **Grandpa's Knob** ในรัฐ Vermont ของอเมริกา ผลิตได้ 1.25 เมกกะวัตต์ เริ่มสร้าง ค.ศ. 1939 และเริ่มจ่ายกระแส ค.ศ. 1941 เป็นกระแสสลับ ตัวเครื่องกำเนิดไฟฟ้าหนัก 250 ตัน ตั้งอยู่บนหอคอยสูง 110 ฟุต ใบพัดชนิด propeller ทำด้วย stainless steel หนัก 7.5 ตัน เส้นผ่าศูนย์กลาง 175 ฟุต และขณะจ่ายไฟฟ้าหมุนด้วยความเร็ว 28.7 rpm. ในความเร็วลมเกิน 30 mps. ค่าใช้จ่ายทั้งสิ้นในขณะนั้นประมาณเกิน 1 ล้านดอลล่าร์ เป็นที่น่าเสียดายว่าเทคโนโลยีขณะนั้นยังไม่ใคร่สมบูรณ์และการสร้างเร่งรีบจนเกินไปเนื่องจากอยู่ในระหว่างสงครามโลกครั้งที่สอง จึงทำให้มีปัญหามากจนต้องปิดลงในเดือนมีนาคม ค.ศ. 1945 เนื่องจากใบพัดชำรุด

รัสเซียมีโรงผลิตไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 100 กิโลวัตต์ ในปี ค.ศ. 1931 มีขนาดใบเส้นผ่าศูนย์กลาง 30 เมตร

ค.ศ. 1942 เยอรมันสร้างโรงงานขนาด 50 กิโลวัตต์ ผลิตกระแสสลับ

ค.ศ. 1958–1960 ฝรั่งเศสสร้างขนาด 800 กิโลวัตต์ เส้นผ่าศูนย์กลางของกังหัน 31 เมตร

การพัฒนาการผลิตกระแสไฟฟ้าจากพลังลมหยุดไปชั่วขณะหนึ่ง เมื่อมีการใช้น้ำมันและพลังน้ำตกซึ่งมีราคาถูกกว่า แต่ปัจจุบันเริ่มตื่นตัวอีกครั้งหนึ่ง

ปัจจุบัน NASA และ NSF ร่วมกันสนับสนุนให้สร้างขนาด 100 กิโลวัตต์ที่ Lewis Research Center Plum Brook, Sandusky, Ohio เป็นขนาดใหญ่ที่สุดในสหรัฐอเมริกา ตั้งแต่ครั้ง Grandpa's Knob ในปี 1939 คาดว่าใช้ลม 18 mph. ผลิต 430 โวลท์ 3–phase 60 Hz. AC. และทราบว่าควรจะทำงานตั้งแต่กรกฎาคมที่แล้วมานี้

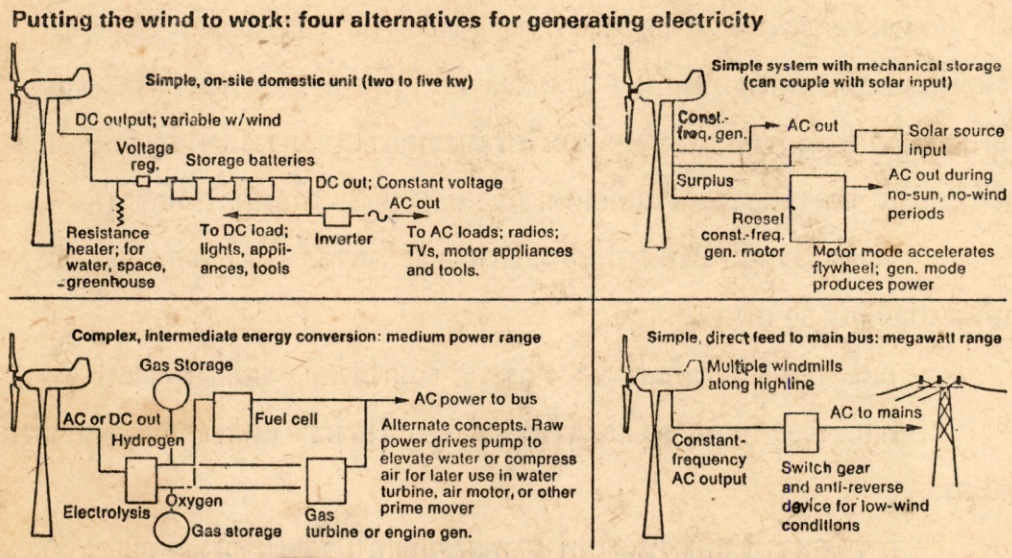
นอกเหนือจากโรงไฟฟ้าขนาดใหญ่แล้ว การผลิตไฟฟ้าขนาดพอเพียงใช้ภายในบ้านหรือโรงนาเป็นจุดที่สนใจอันหนึ่ง มีขนาดตั้งแต่ 5 กิโลวัตต์ลงไป ปัจจุบันมีบริษัทในสวิสเซอร์แลนด์สร้างเครื่องขนาด 5 กิโลวัตต์ขาย มีกังหันเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 เมตร ราคาในประเทศประมาณ $ 1900

ในสหรัฐอเมริกาก็มีผู้ผลิตขายทั้งขนาด 200 และ 750 วัตต์ **โดยเฉลี่ยแล้วคิดว่าเครื่องขนาด 2 กิโลวัตต์ ควรจะเพียงพอสำหรับบ้านหนึ่งๆ** ทั้งนี้ย่อมแล้วแต่สถิติความสม่ำเสมอของปริมาณลมที่พัด และความจุของแบตเตอรี่ที่ใช้เก็บพลังไฟฟ้าไว้ใช้ขณะที่ไม่มีลมพัด สิ่งที่พยายามทำในปัจจุบันคือพยายามให้ค่าใช้จ่ายในการสร้าง/วัตต์ลดลง

3) ทฤษฎีการเปลี่ยนพลังลมเป็นพลังไฟฟ้า

สาเหตุที่การค้นคว้าพยายามเปลี่ยนให้เป็นพลังไฟฟ้าเพราะพลังงานรูปนี้ พร้อมที่จะเอาไปใช้งานได้ทันทีสะอาดและสะดวกแก่การขนส่ง ยิ่งกว่านั้นโรงงานขนาดใหญ่จะจ่ายเข้าระบบไฟฟ้าปัจจุบันได้เลย (National Grid System)

หลักเกณฑ์ในการเปลี่ยนจากพลังลมเป็นพลังไฟฟ้าปัจจุบันมี 4 แบบ ตามรูปที่ 1



รูปที่ 1 ระบบต่าง ๆ ในการเปลี่ยนพลังลมเป็นพลังไฟฟ้า

3.1 **พลังงานที่ได้จากลม** เราสามารถที่จะคำนวณได้ว่าพลังงานที่มากที่สุดที่ลมจะให้ได้นั้นมีเท่าไร

specific weight ของอากาศหาได้จาก

น้ำหนักอากาศเป็นกิโลกรัมต่อลบ.เมตร $m = 1.3 \times p/760 \ (1 + \frac{1}{273} t)$

โดยที่ p = ความกดดันทางบรรยากาศเป็นมิลลิเมตร

t = อุณหภูมิเป็น °C

หากความเร็วลมเป็น V เมตร/วินาที จะได้ว่าพลังงานกลของลมต่อ ลบ.ม. เป็น

$\frac{1}{2} mV^2$ นิวตัน–เมตร

ฉะนั้นกำลังต่อ ลบ.ม. เป็น

$\frac{1}{2} mV^2 \times V = \frac{1}{2} mV^3$ วัตต์

$= \frac{1}{2} m\left(\frac{V}{10}\right)^3$ กิโลวัตต์

ส่วนความสามารถที่กังหันลมหนึ่งจะนำกำลังจำนวนนั้นมาใช้งานได้กี่เปอร์เซ็นต์นั้นย่อมขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของกังหันนั้น ๆ

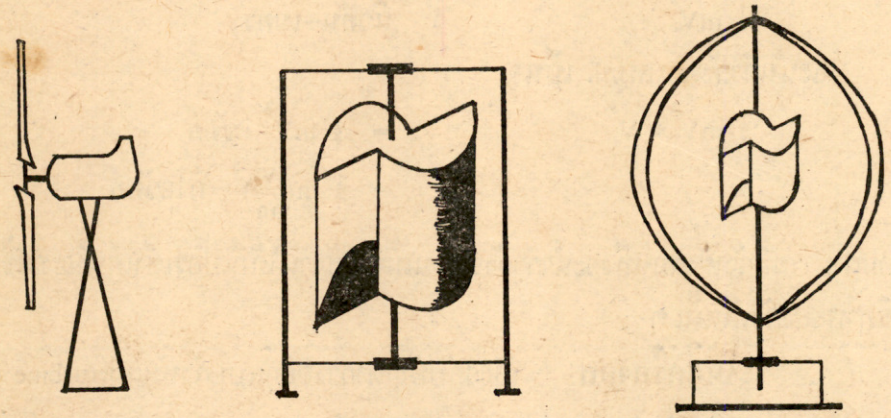
3.2 **ระบบเครื่องกล** เกี่ยวกับปัญหาการออกแบบกังหันลม(turbine blades) เพลา(shafts) ระบบหล่อลื่น(bearings) และระบบทดจำนวนรอบ(gears) การป้องกันการสั่นสะเทือน(vibrations)ที่อาจเกิดขึ้น รวมไปถึงระบบควบคุมความเร็วสูงสุดของจำนวนรอบไม่ให้เกินขีดจำกัด ในกรณีที่มีพายุ

ประเภทของกังหันลมในปัจจุบันพอแบ่งคร่าว ๆ ออกได้เป็น 3 ประเภท ซึ่งแต่ละประเภทก็มีทั้งข้อได้เปรียบและเสียเปรียบซึ่งกันและกัน

ประเภทแรก ซึ่งเป็นที่นิยมใช้กันและมักจะเป็นแบบที่คุ้นเคยคือแบบใบพัดเครื่องบิน (propeller) แบบนี้ให้ความเร็วที่ปลายใบ(blade tip speed)สูงเป็นจำนวนหลายเท่าของความเร็วลม ประหยัดวัสดุในการสร้าง แต่มีข้อเสียคือต้องมีหางเสือคอยหันใบพัดให้เข้าหาทิศทางลม โดยมากต้องตั้งหอคอยที่แข็งแรงเพราะต้องติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าบนหอคอยด้วย

ประเภทสอง คือ แบบ"ถังน้ำมันผ่าครึ่ง" ซึ่งชื่อเรียกที่ถูกคือ Savonius ตามชื่อของชาวฟินแลนด์ ผู้เริ่มใช้เป็นคนแรกในปี ค.ศ. 1920 แบบนี้มีข้อดีคือ ไม่จำเป็นต้องมีหางเสือ สามารถจะหมุนได้เสมอไม่ว่าลมจะพัดไปทิศทางใด เครื่องกำเนิดไฟฟ้าไม่ต้องตั้งบนหอคอย วางอยู่บนพื้นดินก็ได้ ทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายหอคอย แต่มีข้อเสียที่เปลืองวัสดุในการสร้าง โดยเฉพาะถ้ายิ่งต้องการกำลังสูงยิ่งสิ้นเปลือง

ประเภทที่สาม เป็นแบบที่ออกใหม่และกำลังทำการทดลองอยู่เรียกว่า Egg beater เพราะลักษณะคล้ายที่ตีไข่ของชาวยุโรป เป็นแบบผสมระหว่างกังหันของชาวฝรั่งเศสชื่อ G.J.M. Darrieus (ค.ศ. 1925) และแบบของSavonius กังหัน Savoniusเป็นตัวstarter และแบบ Darrieusเป็นตัวที่ให้กำลัง ปัจจุบันที่ทราบทำการทดลองอยู่ที่ Atomic Energy Commission's Sandia Laboratories ที่ Albuquerque สหรัฐอเมริกา อีกแห่งคือที่ NASA's Langley Laboratories มีข้อดีคือเปลืองวัสดุน้อยลงจากแบบ Savonius เครื่องกำเนิดไฟฟ้าวางบนพื้นได้ ขนาดใหญ่ที่สุดที่สร้างในปัจจุบันมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 15 ฟุต



(a) Propeller type (b) Savonius type (c) Egg beater type

3.3 **ระบบไฟฟ้า** กังหันลมที่กล่าวถึงทำหน้าที่เป็น prime moverที่จะไปหมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้า หากเป็นระบบกระแสสลับขนาดกำลังสูงจะไม่ต้องใช้เครื่องสะสมพลังไฟฟ้า (storage batteries) เพราะจ่ายโดยตรงเข้า National Grid System เมื่อไรที่ไม่มีลมก็หยุดจ่ายกระแส หากเป็นใช้เฉพาะบ้านจำเป็นต้องใช้แบตเตอรี่เป็นตัวสะสมไฟฟ้าด้วย แล้วจากแบตเตอรี่มีเครื่องเปลี่ยนกระแสตรงเป็นกระแสสลับอีกทีหนึ่ง(inverters)

i) **เครื่องกำเนิดไฟฟ้า** ต้องมีคุณสมบัติที่สำคัญคือทำงานที่ความเร็วรอบต่ำ ทำได้โดยใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่มีขั้ว (pole) มากพอ สามารถให้โวลท์เตจคงที่ขณะที่ความเร็วรอบของกังหันลมแปรเปลี่ยนกับความเร็วลม ตามทฤษฎีแล้วทำได้โดยการปรับขนาดของกระแสในขดลวดสนามแม่เหล็ก(field curreut) จาก

$$E = kn\phi$$

$$= k'nI_f$$

E = โวลท์เตจของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

n = ความเร็วรอบของโรเตอร์

ø = ความเข้มของสนามแม่เหล็ก

I_f = กระแสที่สร้างสนามแม่เหล็ก

k,k′ = ค่าคงตัว

ฉะนั้นเมื่อ n เปลี่ยนไป แต่หากสามารถสร้างวงจร regulator(ซึ่งอาจเป็นแบบ electronic) ปรับค่าของ I_f อยู่เสมอ ก็สามารถจะรักษาให้ E คงที่ได้

ii) **แบตเตอรี่** เนื่องจากลักษณะธรรมชาติที่ลมในท้องถิ่นใดๆก็ตามมิได้พัดอยู่ตลอดเวลา หากเป็นการสร้างโรงกำเนิดไฟฟ้าขนาดใหญ่ ปัญหาสำคัญคือต้องมีการสำรวจหาทำบลที่มีสถิติลมพัดจัดที่สุด อย่างเช่นที่ Grandpa's Knob ในเดือนหนึ่งๆมีลมพัดประมาณ 70% แต่หากเป็นการสร้างขนาดย่อม (กล่าวคือเล็กกว่า 5 กิโลวัตต์) ที่ใช้เฉพาะส่วนตัว แบตเตอรีเป็นเครื่องสะสมพลังไฟฟ้าไว้ใช้ในยามที่ปลอดลมได้ ขนาดของความจุแอมแปร์–ชั่วโมง ย่อมขึ้นอยู่กับความต้องการของโหลด และสถิติการพัดของลมในท้องถิ่นนั้นๆ **ฉะนั้นการเก็บข้อมูลว่าในแต่ละบ้านหรือหมู่บ้านต้องการกำลังไฟฟ้าเท่าไร สถิติของลมเป็นเช่นไร จึงเป็นปัจจัยสำคัญในเรื่องนี้** (ที่จริงแล้วสิ่งนี้เกี่ยวโยงไปถึงการเลือกขนาดกำลังของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าด้วย)

iii) **เครื่องแปลงกระแสตรงให้เป็นกระแสสลับ** หรือภาษาทางวิศวกรรมไฟฟ้าเรียกว่าเครื่อง Inverter เนื่องจากเครื่องใช้ในบ้านและในโรงงานมีมากประเภทที่ต้องการกระแสสลับ จึงจำเป็นต้องใช้เครื่องแปลงกระแสนี้ ทฤษฎีของinverterไม่ใช่เป็นเรื่องใหม่อะไร เครื่องจุดระเบิดเครื่องยนต์ที่เรียกว่า super spark ignition หรือ transistorized ignition system ก็ใช้หลักการของinverter การใช้งานแบบนี้ออกแบบง่ายเพราะต้องการกำลังต่ำ (ไม่เกิน 500 วัตต์) ปัจจุบันประโยชน์ของ inverter มีมากกว่านี้มากนักโดยเฉพาะที่กำลังสูงเป็นกิโลวัตต์หรือเมกกะวัตต์ จำเป็นต้องใช้ Silicon Controlled Rectifierแทนtransistor **ปัญหาสำคัญที่ต้องพยายามกำจัดคือประสิทธิภาพของ** inverter **โดยเฉพาะที่ความถี่ต่ำขนาด 50 เฮอรตซ์** วิธีการเลือกคือสร้างinverterขนาดเล็กพอเหมาะกับอุปกรณ์ชิ้นหนึ่งๆ จะมีประสิทธิภาพมากกว่าการใช้ inverter ขนาดใหญ่เครื่องเดียวสำหรับอุปกรณ์ทุกๆชิ้น

4. **บทสรุป** เท่าที่กล่าวมานี้เป็นเพียงหลักการประเภทหนึ่งในการทำพลังลมมาใช้ประโยชน์โดยแปลงเป็นพลังไฟฟ้า ที่จริงแล้วมีข้อเสนอแนะแบบอื่นๆ เช่น อาจใช้กระแสไฟฟ้าไปเปลี่ยนน้ำให้เป็นไฮโดรเจนและออกซิเจน เก็บสะสมไว้ เพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงให้กับ fuel cell หรือใช้ไฮโดรเจน เป็นเชื้อเพลิงขับเคลื่อนรถยนต์หรือเครื่องจักรอื่นได้ การค้นคว้าที่น่า

สนใจมากขณะนี้คือการสร้างเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับให้ได้ความถี่คงที่ไม่แปรกับความเร็วลม ที่Oklahoma State University ที่เรียกว่า field-modulated alternator เพราะวิธีนี้หลีกเลี่ยงแบตเตอรีและ inverter ทำให้ประสิทธิภาพดีขึ้นมาก

เชื่อว่าบทความนี้จะช่วยกระตุ้นความสนใจในการหันมาใช้พลังงานธรรมชาติที่สะอาดไม่หมดสิ้น เป็นเทคโนโลยีที่ไม่สลับซับซ้อนจนเกินไป ไม่ต้องซื้อหาเชื้อเพลิงจากผู้ใด เป็นทรัพยากรที่มีอยู่แล้วและที่สำคัญคือเป็นการหลีกเลี่ยงปัญหาทางเศรษฐกิจและการเมืองแทนที่มนุษย์จะมุ่งสร้างพลังงานด้วยเทคโนโลยี ซึ่งไม่คำนึงถึงอันตรายอันจะมีต่อชนรุ่นหลังได้

หนังสืออ้างอิง

1) J.R. Williams Solar Energy Technology and Applications. Ann Arbor Science 1974

2) E.F. Lindsley Wind Power, Popular Science 1974, pp 54-61

3) P.C. Putnam Power from the Wind. Van Nostand Reinhold Co.

4) W.B. Edmonson A 100 kw Windmill Generator, Solar Energy Digest Vol2. No 4. pp4, April 1974

5) H.M. Clews Wind Power Systems for Individual Applications. Wind Energy Conversion Systems Workshop Proceedings, NSF/RA/W-73-006 pp 164-169. December 1973

อภินันทนาการ

จาก

บริษัท**ซีบา-ไกกี** (ประเทศไทย) จำกัด

968 พระราม 4 กรุงเทพฯ

โทร. 863063 , 861239

ปุ๊ออร์คิด

PU ORCHIDS

เลขที่ 9-10 โทร. 827462

ชมรมพฤกษชาติเทเวศร์

เชิงสะพานลอยลาดพร้าว

ข้าง ร.ร. เซนจอห์น โทร. 70520

จำหน่าย

กล้วยไม้ ปุ๋ยยา

และอุปกรณ์สำหรับต้นไม้ทุกชนิด

ราคาเป็นกันเอง

เทคโนโลยีกับชีวิตมนุษย์ :

ข้อควรรู้และควรคิดในปี พ.ศ. 2518–19

ดร. หริส สูตะบุตร

อาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

ปัญหาใหญ่ที่มนุษย์ประสพอยู่ในขณะนี้ คือการเพิ่มขึ้นเป็นทวีคูณของประชากร ซึ่งนำไปสู่การใช้พลังงานเพิ่มขึ้น เช่นการใช้น้ำมันเพิ่มขึ้นในอัตราปีละ 6 % ทำให้คาดกันว่าน้ำมันทั้งโลกจะหมดลงภายในเวลา 35 ปี ดังนั้นจึงจำเป็นต้องหาสิ่งให้พลังงานอย่างอื่นนอกเหนือจากน้ำมันเตรียมไว้ นอกจากนั้น การที่ประชากรเพิ่มขึ้นได้นำไปสู่การรบกวนสิ่งแวดล้อม ทำให้เกิดอากาศเสีย น้ำเน่า ฯลฯ ในบทความนี้จะได้กล่าวถึงปัญหาที่สำคัญเหล่านี้ และวิธีการแก้ปัญหาเพื่อความอยู่รอดของมนุษย์

1. ประชากร

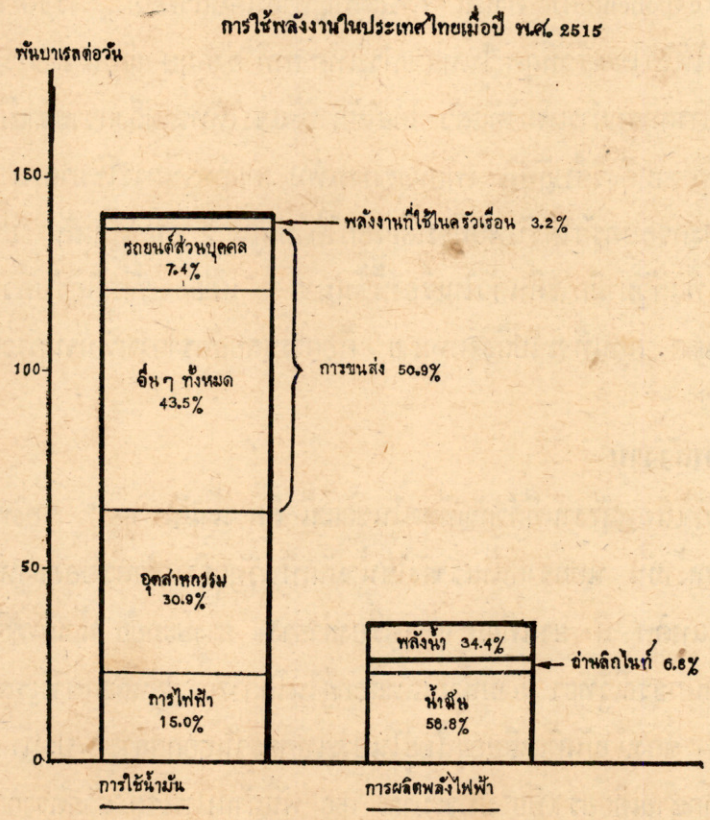
จำนวนประชากรของโลกในปัจจุบันมีประมาณ 4,000 ล้านคน และของประเทศไทยมีประมาณ 40 ล้านคน อัตราการเพิ่มของประชากรของโลก และของประเทศไทยอยู่ในลักษณะทวีคูณ (exponential) ดังนั้น การแก้ปัญหาอันดับแรกคือ การชลออัตราการเพิ่มนี้ และหยุดการเพิ่มให้ได้โดยเร็วที่สุด ในหลายประเทศ อาทิ อังกฤษ ญี่ปุ่น สาธารณรัฐประชาชนจีน ฯลฯ ได้สามารถหยุดการเพิ่มได้แล้ว โดยใช้การชี้แจงให้ทราบถึงความจำเป็นที่จะต้องหยุดการเพิ่มอบรบให้ทราบถึงวิธีปฏิบัติ เพื่อหยุดการเพิ่ม ตลอดจนการใช้มาตรการ เช่น การจำกัดอาหารให้แต่ละครอบครัวได้รับพอที่จะเลี้ยงลูกได้ไม่เกิน 2 คน เป็นต้น ประเทศไทย ในระยะ 2–3 ปี ที่แล้วมามีการตื่นตัวในเรื่องนี้ขึ้นมาก แต่ยังจะต้องได้รับความร่วมมืออย่างกว้างขวางกว่านี้มาก ก่อนที่จะไปถึงจุดหมาย คือการชลออัตราการเพิ่มจนกระทั่งในที่สุดไม่มีการเพิ่มประชากร

2. ต้นกำเนิดพลังงาน

ต้นกำเนิดพลังงานที่สำคัญที่สุดในขณะนี้ คือ น้ำมัน 65 % ของพลังงานทั้งหมดที่มนุษย์ใช้มาจากน้ำมัน นอกจากนั้นเรายังใช้น้ำมันเป็นวัตถุดิบ สำหรับอุตสาหกรรมเคมี เช่น พลาสติค ผ้าซินเทติค สี ยางเทียม ยา เครื่องสำอาง ยางมะตอย น้ำมันหล่อลื่น ฯลฯ จากการประมาณของนักธรณีวิทยา ยังมีน้ำมันเหลืออยู่ในโลก 700 พันล้านบาร์เรล (1 บาร์เรล = 159 ลิตร) 56 % ของน้ำมันที่เหลืออยู่นี้อยู่ในประเทศตะวันออกกลาง ประเทศที่มีน้ำมันมากที่สุด คือประเทศซาอุเดียอราเบีย มีประมาณ 150 พันล้านบาร์เรล ถ้าอัตราการใช้น้ำมันเพิ่ม

ขึ้นในอัตรา 6 % ต่อปีดังที่เป็นอยู่น้ำมันทั้งโลกก็จะหมดลงในปี ประมาณ พ.ศ. 2553 คือ อีก 35 ปี แต่หากสามารถชลออัตราการเพิ่ม โดยพยายามหาต้นกำเนิดพลังงานอื่นมาใช้แทนบ้าง และสงวนน้ำมันไว้ใช้เฉพาะกับงานที่สิ่งอื่นแทนไม่ได้ ก็จะยืดอายุของน้ำมันออกไปได้อีก เช่น ถ้าอัตราการเพิ่มเป็น 4% ต่อไป ก็จะมีน้ำมันใช้ไปถึงปี พ.ศ. 2569 หรืออีกประมาณ 51 ปี

สำหรับประเทศไทยในปี พ.ศ. 2516 เราใช้พลังงานทั้งหมดคิดเทียบเป็นน้ำมันได้ 185,000 บาร์เรล ต่อวัน (ประมาณ 8,500 ล้านลิตรต่อปี) 84 % ของพลังงานนี้ได้จากน้ำมัน ที่เหลือเป็นพลังงานน้ำ ถ่านหินลิคไนท์ ถ่าน และไม้ แกลบ และกากอ้อย ยกเว้นที่เราผลิตได้เองบ้างเล็กน้อย ที่อำเภอฝางแล้ว (คาดว่ามีน้ำมันประมาณ 2.5 ล้านบาร์เรล ผลิตได้ในอัตราวันละ 1,000 บาร์เรล ในปี พ.ศ. 2502 และสามารถผลิตได้สูงสุด 73,000 บาร์เรล ต่อวัน ปัจจุบันผลิตในอัตราน้อยมาก ส่วนใหญ่นำไปใช้ในกิจการทหาร) ประเทศไทยต้องซื้อน้ำมันจากต่างประเทศทั้งสิ้น คือต้องซื้อถึงประมาณ 25 ล้านลิตร ต่อวัน เมื่อปี พ.ศ. 2516 ต้องเสียเงินซื้อน้ำมันประมาณ 4,500 ล้านบาท กว่า 90 % ของน้ำมันที่ซื้อเป็นน้ำมันดิบที่นำเข้ามากลั่นเป็นผลิตภัณฑ์น้ำมันชนิดต่าง ๆ ที่เหลือเป็นน้ำมันหล่อลื่น และน้ำมันดีเซลที่ยังผลิตได้ไม่พอใช้



จำแนกอัตราส่วนการใช้น้ำมันในประเทศไทย ตลอดจนประเภทน้ำมันที่ใช้ออกได้ดังนี้:

	ร้อยละ	ประเภทน้ำมันที่ใช้
1. การผลิตไฟฟ้าและงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ	35	น้ำมันเตาและดีเซล
2. การขนส่งสาธารณะและรถบันทุกสินค้า	25	ดีเซลและเบนซิน
3. รถยนต์นั่ง แท็กซี่ รถเมล์เล็ก เรือหางยาว	17	เบนซิน
4. ขนส่งทางอากาศ	10	น้ำมันก๊าดเครื่องบิน
5. เกษตรกรรม ประมง การก่อสร้าง	8	ดีเซลและ เบนซิน
6. แสงสว่าง และ หุงต้ม	5	น้ำมันก๊าดและแกสหุงต้ม

สำหรับในปี 2516 ที่ใช้น้ำมัน 8,500 ล้านลิตรนั้น แยกออกตามประเภทได้ดังนี้:

น้ำมันเบนซิน	ประมาณ	1,500 ล้านลิตร
น้ำมันดีเซล	,,	3,250 ล้านลิตร
น้ำมันเตา	,,	2,400 ล้านลิตร

ถึงแม้เมื่อเทียบกับประเทศอื่น คนไทยจะใช้น้ำมันน้อยกว่ามากดังนี้

ยุโรป และญี่ปุ่น	4,800	ลิตรต่อปี ต่อคน
สหรัฐอเมริกา	9,600	ลิตรต่อปี ต่อคน
ไทย	320	ลิตรต่อปี ต่อคน
ไทยเฉพาะกรุงเทพ ฯ	1,120	ลิตรต่อปี ต่อคน

แต่การประหยัดน้ำมันก็เป็นเรื่องที่สำคัญมากสำหรับเศรษฐกิจ ของประเทศ เพราะ **น้ำมันดิบได้ขึ้นราคา 7.5 เท่าตัว ในเวลา 5 ปี ดังนี้**

	มกราคม 2513	มกราคม 2516	มกราคม 2518
ราคาน้ำมันดิบต้นทาง FOB	0.18 บาท/ลิตร	0.28 บาท/ลิตร	1.35 บาท/ลิตร

เงินที่ใช้ซื้อน้ำมันในปี 2516 4,500 ล้านบาทนั้นคิดเป็นประมาณ 11 % ของมูลค่าสินค้าที่ประเทศไทยซื้อทั้งหมด แต่ในปี 2518 ประเทศไทยจะต้องเสียเงินประมาณ 13,000 ล้านบาท หรือประมาณ 21 % ของมูลค่าสินค้าที่ซื้อเข้าประเทศทั้งหมด

3. การแก้ปัญหาเรื่องต้นกำเนิดพลังงาน

ก. น้ำมัน

เนื่องจากประเทศไทยจำเป็นต้องซื้อน้ำมันจากต่างประเทศเป็นจำนวนมาก จึงได้มีการเจาะสำรวจปิโตรเลียม เริ่มต้นแต่ปลายปี พ.ศ. 2514 เจาะสำรวจไปแล้วรวมทั้งสิ้น 17

หลุม คือ เจาะสำรวจบนบกในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 1 หลุม และบนบกเหนืออ่าวไทยที่เขตอำเภอภาษีเจริญ กรุงเทพมหานคร 1 หลุม ปรากฏว่า ไม่พบปิโตรเลียมทั้ง 2 หลุม

สำหรับในทะเลอ่าวไทยได้เจาะสำรวจไปแล้ว 25 หลุม (ค่าเจาะสำรวจประมาณ 60 ล้านบาทต่อหนึ่งหลุม) พบปิโตรเลียมรวม 7 หลุม คือ พบแก๊สธรรมชาติ และแก๊สธรรมชาติเหลวจำนวน 3 หลุม พบน้ำมันดิบและแก๊สธรรมชาติ และ/หรือ แก๊สธรรมชาติเหลว 4 หลุม แก๊สธรรมชาติประกอบด้วย แก๊สไฮโดรคาร์บอน ส่วนใหญ่เป็นแก๊สมีเทน (CH_4) ปริมาณปิโตรเลียมที่พบ มากพอที่จะเป็นที่น่าสนใจ ทำให้คาดได้ว่าความหวังที่จะพบปิโตรเลียมถึงขั้นเชิงพาณิชย์มีอยู่ค่อนข้างแจ่มใส **ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับผลการเจาะสำรวจที่กำลังดำเนินอยู่หากได้ผลดี กรมทรัพยากรธรณี ตั้งเป้าหมายไว้ว่า จะสามารถผลิตปิโตรเลียมขึ้นมาใช้ได้ราวปี พ.ศ. 2520–2522 ถ้าทำได้ก็จะช่วยประหยัดเงินตราของประเทศ ได้ปีละนับพันล้านบาท**

ข. พลังงานนิวเคลียร์

พลังงานนิวเคลียร์เป็นต้นกำเนิดพลังงานที่ให้ความหวังมากที่สุด ที่จะเข้าทำหน้าที่แทนน้ำมัน ปัจจุบันนี้พลังงานนิวเคลียร์ได้จากปฏิกริยาฟิสชั่น (แตกตัว) ของยูเรเนียม 235 ซึ่งมีอยู่เพียง 0.7 % ตามธรรมชาติ ส่วนยูเรเนียม 238 ซึ่งมีอยู่ในธรรมชาติ 99.3 % กำลังได้รับการวิจัยเพื่อนำมาใช้

ขณะนี้โรงไฟฟ้าปรมาณูแบบ Thermal Power Reactor มีใช้กันอยู่ 138 โรงใน 19 ประเทศ และอยู่ในระหว่างการก่อสร้างอีก 293 โรงใน 25 ประเทศ

สำหรับประเทศไทย การไฟฟ้าฝ่ายผลิตได้เริ่มศึกษาเรื่องการตั้งโรงไฟฟ้าปรมาณูตั้งแต่ปี พ.ศ. 2511 ในปัจจุบันการไฟฟ้าก็กำลังร่วมกับการพลังงานแห่งชาติ สถาบันการศึกษาต่าง ๆ อาทิ AIT จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า ธนบุรี ฯลฯ ในการศึกษาหาข้อมูล เพื่อป้องกันมิให้การทำงานของโรงไฟฟ้าปรมาณูเป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อมได้มีการดำริที่จะสร้างโรงไฟฟ้าปรมาณูที่ชายทะเลศรีราชา เริ่มด้วยขนาด 600 เมกกะวัตต์ เสร็จราวปี 2526 และเครื่องที่ 2 ขนาด 600 เมกกะวัตต์ เสร็จในราวปี 2528

Fast Breeder Reactor

ถึงแม้ยูเรเนียม 238 จะนำมาใช้โดยตรงไม่ได้ ก็อาจยิงนิวตรอนเข้าไปชนและเปลี่ยนเป็นพลูโตเนียม 239 ซึ่ง 1 กิโลกรัม ให้พลังงานได้เท่ากับถ่านหิน 3 ล้านกิโลกรัม ปฏิกรณ์แบบนี้เรียกว่า Fast Breeder ในทำนองเดียวกัน อาจจะแปลงธอเรียม 232 เป็นยูเรเนียม 233 ซึ่งใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับปฏิกรณ์ปรมาณูได้เหมือนกัน

Fusion Process

ขบวนการ fusion คือการนำอะตอมของธาตุเบามารวมตัวกันเป็นธาตุใหม่แล้วปล่อยพลังงานออกมา การรวมตัวเช่นนี้จะเกิดได้ต่อเมื่อธาตุเดิม อยู่ในสภาพพลาสมา (ionized gas) การทำให้ประจุบวกแยกตัวออกจากประจุลบ สำหรับ Deuterium หรือ Tritium ต้องใช้อุณหภูมิสูงถึงประมาณ 50 ล้านองศา C ในภาวะเช่นนี้จะเกิดการรวมตัวของนิวเคลียส มวลบางส่วนจะหายไป กลายเป็นพลังงานตามทฤษฎีของไอน์สไตน์ พลาสมาในปฏิกริยาที่ควบคุมได้ (controlled fusion) ต้องอยู่ในความดันต่ำขนาดหนึ่งในแสนของความดันของบรรยากาศโลก

ประเทศที่ทำการวิจัยขบวนการ fusion นี้มากที่สุดได้แก่สหรัฐอเมริกาและญี่ปุ่น แบบที่ก้าวหน้าที่สุดและคาดว่าจะนำมาใช้ได้นั้น คือแบบที่ใช้ laser beam ในการทำให้เกิดพลาสมาที่เหมาะสม ปัจจุบันสามารถทำพลาสมาดังกล่าวได้แล้ว แต่ที่ต้องวิจัยต่อไป คือ การควบคุมให้ทำงานได้ตามที่ต้องการ คาดว่าจะต้องใช้เวลาในการวิจัยประมาณ 25 ปี ตามโครงการวิจัยของสหรัฐอเมริกา กำหนดจะสร้างโรงไฟฟ้าโดยอาศัยขบวนการ fusion เครื่องแรกเพื่อทดลองผลิตไฟฟ้าด้วยขนาดกำลังผลิต 500 เมกกะวัตต์ ในราวปี พ.ศ. 2543 และจะสร้างโรงไฟฟ้าต่อไปให้เป็นแบบที่สมบูรณ์ ในระหว่างปี พ.ศ. 2543–2563

เป็นที่หวังกันว่า เมื่อสามารถนำขบวนการ fusion นี้มาผลิตไฟฟ้าได้ โลกเราจะมีเชื้อเพลิงที่ใช้ได้โดยแทบที่จะไม่มีวันหมดสิ้น ทั้งนี้เนื่องจากในโลกเรามี deuterium อยู่มากมาย ธาตุนี้ผสมอยู่ในน้ำธรรมดาในอัตราส่วน 1 ต่อ 6,666 ส่วน

ค. การประหยัดพลังงาน

การอุตสาหกรรม และการพาณิชย์

จากการสำรวจในอุตสาหกรรม และการพาณิชย์พบว่า

(1) การปรับปรุงประสิทธิภาพหม้อน้ำ–เตาเผา จะประหยัดเชื้อเพลิงได้ 10% วิธีที่ใช้ในการเพิ่มประสิทธิภาพของหม้อน้ำ คือ การให้เชื้อเพลิงเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ด้วยการใช้อากาศที่เกิน (excess air) น้อยที่สุด และพยายามดึงความร้อนในแก๊สเสียไปใช้เป็นประโยชน์ให้มากที่สุด ก่อนปล่อยออกสู่ปล่อง

(2) การใช้ไอน้ำอย่างมีประสิทธิภาพ จะประหยัดเชื้อเพลิงได้ 16% อาทิการนำ condensate กลับเข้าหม้อน้ำ ขจัดการรั่วของไอน้ำตามหน้าแปลน ก้านวาล์ว การบำรุงรักษาสตีมแทรป การหุ้มฉนวนท่อไอน้ำ ฯลฯ

(3) ในอุตสาหกรรมปูนซิเมนต์ การเปลี่ยนกรรมวิธีการผลิตแบบเปียกเป็นแบบแห้ง จะประหยัดเชื้อเพลิงได้ 50%

การใช้รถยนต์

ผู้ขับรถยนต์จะสามารถประหยัดน้ำมัน และค่าใช้จ่ายในการซ่อมแซม ถ้าทราบข้อมูลต่อไปนี้

1. การขับรถเร็ว 100 กิโลเมตรต่อชั่วโมง จะเปลืองน้ำมันกว่า ขับเร็ว 80 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ประมาณ 20 %
2. การใช้เครื่องปรับอากาศทำให้เปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้น ประมาณ 6–8 %
3. เมื่อรถติดเป็นเวลานาน สำหรับเครื่องยนต์เบนซิน การติดเครื่องรอไว้ 1 นาที ทำให้สิ้นเชื้อเพลิงมากกว่าดับเครื่องแล้วสตาร์ทใหม่
4. การสูบลมยางต่ำกว่าที่กำหนด 4 ปอนด์ (ต่อตารางนิ้ว) จะเสียเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้น ประมาณ 0.4 กิโลเมตร ต่อลิตร
5. การใช้ยางเรเดียล แทนที่จะใช้ยางธรรมดา จะประหยัดน้ำมันได้ประมาณ 8 % สำหรับรถบรรทุก และประมาณ 3 % สำหรับรถนั่ง เพราะยางเรเดียลลดแรงต้าน (rolling resistance) ได้ถึง 20–30 % นอกจากนั้นจะทำให้เร่งรถได้ดีขึ้น และโอกาสที่ยางจะรั่ว เพราะตะปูตำจะน้อยลงมากเนื่องจากเนื้อยางหนา
6. การเปลี่ยน หรือตั้งเขี้ยวหัวเทียน ตั้งทองขาว ตั้งเวลา (ignition timing) จะประหยัดเชื้อเพลิงได้ประมาณ 10 %
7. ตามปกติรถทุกคันมีเทอร์โมสตัท ทำหน้าที่ดักไม่ให้น้ำหล่อเย็นออกไปสู่รังผึ้งจนกระทั่งอุณหภูมิของน้ำสูงพอ ดังนั้นเพื่อให้อุณหภูมิของเครื่องยนต์สูงขึ้นโดยเร็ว ถ้าถอดออกเสีย หรือถ้าเทอร์โมสตัทปล่อยน้ำทั้ง ๆ ที่อุณหภูมิต่ำ จะทำให้เครื่องยนต์เย็นเกินไป โดยเฉพาะอย่างยิ่ง เมื่อรถวิ่งระยะทางใกล้ ๆ ทำให้เครื่องยนต์มีประสิทธิภาพต่ำ และจะทำให้เปลืองเชื้อเพลิง
8. การเร่งเครื่องยนต์ก่อนดับเครื่อง ทำให้เปลืองน้ำมันโดยใช่เหตุ และเป็นอันตรายต่อเครื่องยนต์ เพราะจะมีน้ำมันเชื้อเพลิงส่วนหนึ่งที่ยังไม่เผาไหม้เข้าไปในกระบอกสูบ เชื้อเพลิงนี้จะล้างน้ำมันเครื่องที่ติดอยู่ที่ผนังกระบอกสูบออก ทำให้เครื่องยนต์สึกหรอเมื่อสตาร์ทใหม่
9. ในการอุ่นเครื่องควรทำที่รอบต่ำ ๆ และเมื่อออกรถก็ควรขับโดยใช้รอบต่ำ 1–2 กิโลเมตร ก่อนจะวิ่งด้วยความเร็วปกติ การเร่งเครื่องมากเมื่อติดเครื่องใหม่ ๆ จะทำให้ผนังกระบอกสูบเสียหายได้ เพราะน้ำมันหล่อลื่นยังออกมาไม่ทั่วถึง

และไม่เพียงพอ

10. การออกรถเร็ว และการใช้ความเร่งสูง โดยเหยียบคันเร่งโดยเร็ว ทำให้น้ำมันเชื้อเพลิงฉีดออกสู่คาร์บิวเรเตอร์มากเป็นพิเศษ การขับเช่นนี้เป็นประจำจะทำให้เปลืองน้ำมันมากขึ้นประมาณ 6 %
11. การไม่ชลอรถก่อนหยุด คือขับมาโดยเร็ว และห้ามล้อแรง ๆ ทำให้สิ้นเปลืองทั้งน้ำมันและผ้าเบรค
12. การใช้ไส้กรองอากาศสกปรก จะทำให้เปลืองน้ำมันเบนซินเพิ่มขึ้นมาก
13. สำหรับเครื่องยนต์ดีเซล การตั้งหัวฉีดให้ควันดำ เพื่อให้รถเร่งได้ดีขึ้นนั้น นอกจากจะเป็นการเปลืองเชื้อเพลิงแล้ว ยังทำความรำคาญต่อผู้ใช้รถ ใช้ถนนอื่น ๆ ด้วย
14. สำหรับเครื่องยนต์ใช้น้ำมันเบนซิน ถ้าตั้งอัตราส่วนระหว่างเชื้อเพลิงต่ออากาศ (โดยน้ำหนัก) ราว 0.06 ขณะวิ่งปกติ แทนที่จะตั้งอัตราส่วนให้ได้กำลังสูงสุด (ราว 0.078) จะประหยัดน้ำมันได้ ราว 20%
15. ถ้าใช้พัดลมระบายความร้อนบังคับด้วยอุณหภูมิจะประหยัดน้ำมันราว 5%

การประหยัดพลังงานในบ้านเรือน

1. ถ้าใช้เครื่องปรับอากาศแบบติดหน้าต่าง ติดด้านที่ไม่ค่อยโดนแดด หรือมิฉะนั้น ก็ทำที่บังแดด ในการตั้งอุณหภูมิอย่าตั้งต่ำมาก ๆ ดังที่มักทำกันอยู่ การตั้งไว้ต่ำมาก ๆ จะไม่ทำให้ห้องเย็นเร็วขึ้น นอกจากนั้น ถ้าตั้งทิ้งไว้อย่างนั้น ในวันที่อากาศภายนอกค่อนข้างเย็น อุณหภูมิในห้องจะเย็นเกินไป ซึ่งทำให้เปลืองพลังงานโดยใช่เหตุ และถ้าเป็นไปได้ หากสร้างบ้านโดยให้มีลมผ่านได้แล้ว เลิกใช้เครื่องปรับอากาศเสียได้ ก็จะประหยัดพลังงานได้อย่างมาก
2. อย่าให้น้ำประปารั่วไหลไปเปล่า ๆ เพราะการผลิตและส่งน้ำประปาก็ต้องใช้พลังงาน
3. ดูแลตู้เย็นอย่าให้น้ำแข็งจับหนาเกิน 1/2 ซม.
4. อย่าเปิดโทรทัศน์ วิทยุ ทิ้งไว้เมื่อไม่มีใครดู หรือฟัง
5. ดับไฟในห้องที่ไม่มีคนอยู่

4. การอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม

ก. น้ำเน่า

โดยธรรมชาติน้ำในแม่น้ำลำคลอง จะมีแบคทีเรียอาศัยอยู่ แยกออกเป็นกลุ่มใหญ่ๆ ได้ 2 กลุ่ม คือ aerobic bacteria ซึ่งกินอาหาร สืบพันธุ์ และหายใจโดยอาศัยแก๊สออกซิเจนซึ่งละลายอยู่ในน้ำ อีกกลุ่มหนึ่ง คือ anaerobic bacteria ซึ่งกินอาหาร และสืบพันธุ์โดยไม่ต้องอาศัยแก๊สออกซิเจน ซึ่งละลายอยู่ในน้ำเลย

เมื่อประชากรเพิ่มขึ้น ก็มีการขับถ่ายของเสีย เช่น อุจจาระ ปัสสาวะ น้ำใช้ลงไปในน้ำธรรมชาติ บรรดาโรงงานอุตสาหกรรมก็ทิ้งน้ำซึ่งมีสารละลายบางประเภทลงไป สิ่งต่าง ๆ ที่เราทิ้งลงไป ที่มิได้เป็นอาหารปลา ก็จะเป็นอาหารของ aerobic bacteria ก่อนที่เหลือเป็นส่วนน้อย จึงเป็นอาหารของ anaerobic bacteria ถ้าเราทิ้งของเสียเป็นปริมาณมาก aerobic bacteria จะกินของเสียนั้นแล้วสืบพันธุ์เพิ่มจำนวนเป็นทวีคูณ ทำแก๊สออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำลดลงเป็นลำดับ เพราะปริมาณที่ถูก bacteria ใช้มากกว่าปริมาณที่ได้รับเพิ่มจากอากาศ ในที่สุดปริมาณออกซิเจนในน้ำจะถึงระดับที่ aerobic bacteria ไม่สามารถมีชีวิตอยู่ได้พากันตายลง ของเสียทั้งหลายจึงตกเป็นอาหารของ anaerobic bacteria ซึ่งจะเจริญสืบพันธุ์เพิ่มจำนวนเป็นทวีคูณ เนื่องจากการขับถ่ายของเสียของ anaerobic bacteria ประกอบด้วยแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ และแก๊สอื่น และทำให้น้ำมีสีคล้ำ ดังนั้นจึงเกิดเป็นน้ำสีดำ ส่งกลิ่นเหม็น เรียกว่า น้ำเน่า

ในปัจจุบันก็มีการเข้มงวดกันมากขึ้น ในเรื่องการปล่อยของเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม คือต้องผ่านขบวนการขจัดของเสียก่อนที่จะปล่อยน้ำออกสู่ลำน้ำสาธารณะ ตามปกตินำ้จะได้รับแก๊สออกซิเจนจากอากาศละลายลงไปตลอดเวลา และถ้ามีลมพัดผิวน้ำ หรือทำเป็นน้ำพุ ก็จะช่วยให้ออกซิเจนละลายลงไป น้ำเป็นปริมาณมากขึ้น นอกจากนั้น พืชสีเขียวในน้ำประเภทสาหร่าย เมื่อรับแสงอาทิตย์ก็ปล่อยแก๊สออกซิเจนออกมาช่วยเติมลงในน้ำอีกด้วย โดยทั่วไป ตราบใดที่มีออกซิเจนเพียงพอ aerobic bacteria จะอาศัยอยู่ได้ และน้ำก็จะไม่เน่า

ข. อากาศเสีย

สิ่งที่ทำให้อากาศเสีย คือ

1) อนุภาค เช่น ควัน (particulates)
2) แก๊ส
3) กลิ่น

เพื่อให้เห็นอัตราส่วนของการทำให้เกิดอากาศเสียโดยสาเหตุต่าง ๆ จึงขอนำตัวเลขของสหรัฐอเมริกาในปี พ.ศ. 2512 มาแสดง

ล้านตัน/ปี

	HC	CO	NO_X	SO_X	Particulates	Total%	Total
การขนส่ง	19.8	111.5	11.2	1.1	0.8	144.4	51.4
การสันดาปของเครื่องอยู่กับที่	0.9	1.8	10.0	24.4	7.2	44.3	15.8
ขบวนการอุตสาหกรรม	5.5	12.0	0.2	7.5	14.4	39.6	14.1
การทิ้งของเสียที่เป็นของแข็ง	2.0	7.9	0.4	0.2	1.4	11.9	4.2
อื่น ๆ	9.2	18.2	2.0	0.2	11.4	41.1	14.6
รวม	37.4	151.4	23.8	33.4	35.2	281.2	

และถ้าจะดูเฉพาะในด้านการขนส่ง

ล้านตัน/ปี

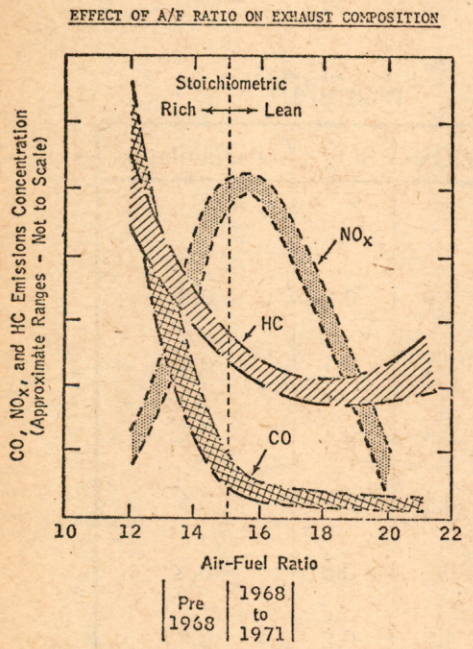
	HC	CO	NO_X	SO_X	Particulates
รถยนต์					
ใช้น้ำมันเบนซิน	16.9	96.8	7.6	0.2	0.3
ใช้น้ำมันดีเซล	0.2	1.0	1.1	0.1	0.1
เครื่องบิน	0.4	2.9	0.4	0.1	0.1
รถไฟ	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1
เรือ	0.3	1.7	0.2	0.3	0.1
ยวดยานอื่นที่ไม่ใช้ถนน	1.9	9.0	1.8	0.2	0.1
รวม	19.8	111.5	11.2	1.1	0.8

จากตารางจะเห็นว่าเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันเบนซิน ทำให้อากาศเสียและเป็นอันตรายกว่าเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซล Carbon monoxide (CO) ซึ่งเป็นอันตรายต่อมนุษย์มากที่สุด ในบรรดาสิ่งที่ทำอากาศเสียทั้งหลายนั้น เกิดจากการสันดาปที่ไม่สมบูรณ์ของเครื่องยนต์ที่ใช้

น้ำมันเบนซิน ส่วนการสันดาปของเครื่องยนต์ดีเซลสมบูรณ์กว่า จึงปล่อย CO ออกมาน้อยกว่ามาก สำหรับประเทศไทย กระทรวงสาธารณสุขได้เคยทำการวิจัย รถยนต์ชนิดต่าง ๆ จำนวน 1462 คัน ปรากฏว่ารถแท็กซี่ปล่อย CO ออกมามากที่สุด

เนื่องจากกรุงเทพฯ มีการจราจรคับคั่ง มีเนื้อที่ 290 ตารางกิโลเมตร มีรถยนต์กว่า 3 แสนคัน และมีประชากรประมาณ 4 ล้านคน จึงควรมีกฎข้อบังคับควบคุมการปล่อย CO ออกจากรถยนต์ ขณะนี้มีกฎข้อบังคับอยู่กับเฉพาะควันดำ (particulates) เท่านั้น และควันดำมีอันตรายน้อยกว่า CO มาก

ปัจจุบันนี้ ปัญหาการควบคุมการปล่อยสิ่งสกปรกจากท่อไอเสียรถยนต์ อยู่ที่การควบคุมไฮโดรคาร์บอน (HC) CO และไนโตรเจนออกไซด์ (NO_x) เป็นส่วนใหญ่ ส่วนการระเหยของ HC จาก crank case หรือจากคาร์บูเรเตอร์ นั้น เกือบจะพูดได้ว่ารถยนต์สมัยใหม่แทบทั้งสิ้น ได้ติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันการระเหยของ HC เหล่านั้นแล้ว



จากรูปจะเห็นว่าถ้าใช้อัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิงสูง (lean mixture) NO_x HC และ CO จะลดลง นอกจากนั้นดังที่กล่าวไว้ข้างต้น การใช้อัตราส่วนดังกล่าวสูงจะทำให้ประหยัดเชื้อเพลิงอีกด้วย

สรุป

การที่มนุษย์จะอยู่รอดด้วยดีนั้น ขึ้นกับตัวมนุษย์เอง การควบคุมประชากร การประหยัดพลังงาน การวิจัยหาต้นกำเนิดพลังงานใหม่ ตลอดจนการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม จะได้ผลหรือไม่ขึ้นกับมนุษย์ จึงเป็นหน้าที่ของเราทุกคนที่จะต้องศึกษาหาความรู้ ในเรื่องต่าง ๆ ดังกล่าว และร่วมมือกันปฏิบัติเพื่อประโยชน์สุขของเพื่อนมนุษย์ด้วยกัน

เอกสารอ้างอิง:

1. **Energy Conservation: Why we must, How we can**
   Esso Standard of Thailand Co., Ltd.
2. **"แหล่งต้นกำเนิดพลังงาน เทคโนโลยี และนโยบายเกี่ยวกับพลังงาน"** โดยนายปรีชา จุงวัฒนา เสนอต่อ การประชุมใหญ่ทางวิชาการ เรื่องวิศวกรกับพลังงาน และสิ่งแวดล้อม จัดโดยวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย 21–22 สิงหาคม 2518
3. **"การเจาะสำรวจปิโตรเลียมในทะเล"** โดย ดร. จรัญ อจลภูติ เสนอต่อการประชุมใหญ่ทางวิชาการเรื่อง วิศวกรกับพลังงานและสิ่งแวดล้อม จัดโดยวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย 21–22 สิงหาคม 2518
4. **"การประหยัดเชื้อเพลิงในอุตสาหกรรมและการพาณิชย์"** โดย นท. ธนิต คัมภิรานนท์ ร.น. เสนอต่อการประชุมใหญ่ทางวิชาการ เรื่องวิศวกรกับพลังงาน และสิ่งแวดล้อม จัดโดยวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย 21–22 สิงหาคม 2518
5. **"เตาปฏิกรณ์ปรมาณูในอนาคต : ความก้าวหน้า และปัญหาทางวิศวกรรม"** โดย ดร. สว่าง ประจักษ์ธรรม วิศวกรรมสาร ปีที่ 28 ฉบับที่ 5 ประจำเดือนกันยายน–ตุลาคม 2518
6. **"กรรมวิธีกำจัดน้ำเสีย"** โดย ร.ต.อ. ประสิทธิ์ ศัณฑเศรษฐี เสนอต่อการประชุมใหญ่ทางวิชาการ เรื่องบทบาทวิศวกรไทย จัดโดย วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย 5–7 กรกฎาคม 2516
7. **"ความรู้เรื่องไอเสียของเครื่องยนต์"** โดยนายปรียพรรณ บุณยวิบูลย์ เสนอต่อการประชุมใหญ่ทางวิชาการเรื่อง บทบาทวิศวกรไทย จัดโดยวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย 5–7 กรกฎาคม 2516
8. **"Eiectricity"** Thai–American Business, July–August 1975.

การรักษาผลประโยชน์ของท่านคือ งานของเรา
ผลประโยชน์ของท่านจะมั่นคง เมื่อใช้บริการของเรา

บริษัท มหาทุน จำกัด
GRANDTRUST & SECURITIES CO., LTD.

พงศ์ ศิริเลิศพานิช
กรรมการผู้จัดการ

วิชัย สวาทยานนท์
กรรมการรองผู้จัดการ

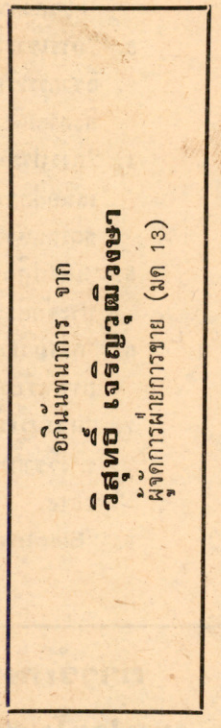
อัตราดอกเบี้ย ตั๋วสัญญาใช้เงิน

7 วัน	9.00 %
1 เดือน	10.00 %
3 เดือน	11.00 %
6 เดือน	11.50 %
9 เดือน	12.00 %
12 เดือน	12.50 %

บริษัท มหาทุน จำกัด
215–217 ถนนราชวงศ์
กรุงเทพมหานคร
โทร. 216491, 210618, 224523

เรามีมิใจที่หน่วยราชการ โรงงานอุตสาหกรรม และบริษัทชั้นนำเหล่านี้ เจาะจงเลือกใช้เครื่องดับเพลิง อิมพีเรียล ซุปเปอร์ "เอ็กซ์"

1. กรมตำรวจ
2. กรมประชาสงเคราะห์
3. การประปานครหลวง
4. การไฟฟ้าฝ่ายผลิต
5. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
6. จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย
7. บริษัท รถเมล์ศรีนคร จำกัด
8. โรงแรมอินทรา
9. โค้วยู่สะมอเตอร์
10. บริษัท ผลิตภัณฑ์อาหารเซ็นทรัล จำกัด
11. บริษัท เจริญโภคภัณฑ์ จำกัด
12. บริษัท ไทยอเมริกันเท็กซ์ไทล์ จำกัด
13. บริษัท อุตสาหกรรมพรมไทย จำกัด
14. บริษัท สหพัฒนพิบูล จำกัด
15. เมรี อาบ อบ นวด ไนท์คลับ และภัตตาคาร
16. บริษัท นิวซิตี้ จำกัด
17. ภัตตาคารอาหารทะเล



ปัจจุบันนี้เครื่องดับเพลิง อิมพีเรียล ซุปเปอร์ "เอ็กซ์" เป็นที่เชื่อถือ และยอมรับในประสิทธิภาพในทุกวงการ ทั้งนี้เพราะ

1. รูปร่างกระทัดรัด
2. เคลื่อนย้ายสะดวก
3. ทำงานด้วยระบบอัตโนมัติ
4. สามารถดับไฟได้ทุกชนิด
5. บริการดี

เพื่อการลงทุนที่คุ้มค่า เพื่อการประหยัด มั่นใจได้ใน

เครื่องดับเพลิงเอนกประสงค์

อิมพีเรียล ซุปเปอร์ "เอ็กซ์" เชื่อถือได้ที่สุด

ศูนย์แนะนำป้องกันอัคคีภัย

บริษัท มาร์แพลน อินเตอร์เนชั่นแนล (ประเทศไทย) จำกัด

โทร. 35534 , 865978
865271-9 ต่อ 243 34936 ต่อ 6

เครื่องแยกธุลีสำหรับเตาหล่อแบบคิวโปลา
DUST COLLECTING EQUIPMENT OF CUPOLA

กิติพงษ์ อุบันโน
นักศึกษาภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

บทคัดย่อรายงาน project ระดับปริญญาตรี ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า ธนบุรี 31 มีนาคม 2518

ความนำ : ในปัจจุบันปัญหาสิ่งแวดล้อมเป็นปัญหาใหญ่ซึ่งแต่ละประเทศพยายามจะแก้ไข จากการสำรวจภายในโรงงานหล่อ ผลที่เกิดจากฝุ่นธุลีที่ออกมาจากเตาหล่อชนิดคิวโปลาทำให้อุปกรณ์และเครื่องจักรภายในโรงงานหล่อเสียหายได้ ดังนั้นจึงทำการแก้ปัญหาโดยการขจัดฝุ่นธุลีโดยใช้ท่อลมหมุน (cyclone) ซึ่งจะเก็บฝุ่นและธุลีต่าง ๆ ที่ออกมาจากปากปล่องเตาคิวโปลา โดยวิธีนี้สามารถช่วยให้โรงงานหล่อลดความเสียหายจากการสึกกร่อนไปได้มาก

การแยกอนุภาคของฝุ่นและธุลีออกจากแก๊สนั้น วิธีที่ทำได้ในราคาถูกและมีประสิทธิภาพพอใช้ได้คือการใช้ cyclone collector ซึ่งสามารถใช้กับงานหลายอย่างเช่น

1. การขนส่งวัสดุด้วยแก๊ส
2. การขับธุลีออกจากเตาคิวโปลาโดยใช้ลมของเตาเอง
3. การขับฝุ่นและธุลีจากเครื่อง shot blast โดยใช้กำลังมอเตอร์ดูดเอาฝุ่นหรือธุลีมาเข้าท่อลมหมุน (cyclone)

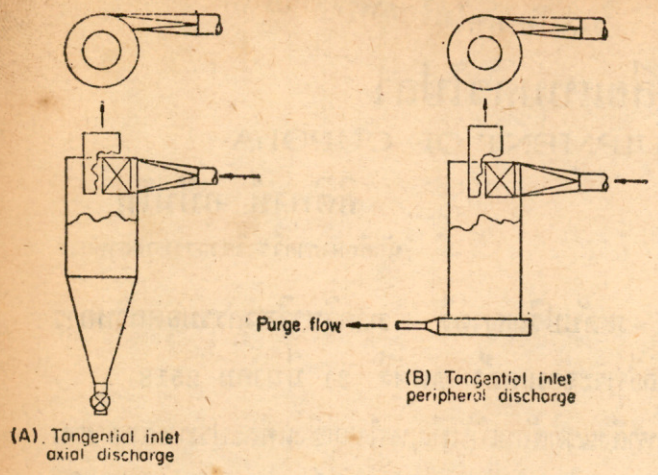
ชนิดของ cyclone collector **ที่ใช้กันอยู่ทั่วไปมี** (ดูรูป 1)

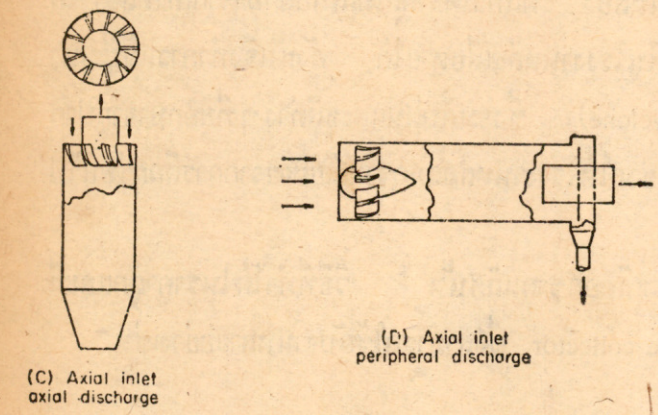
A. แบบธรรมดา เป็นแบบที่ช่องส่งตั้งมุมฉากกับช่องขจัดฝุ่น (tangential inlet with axial dust discharge)

B. ช่องส่งจะอยู่ในแนวตั้งฉาก ส่วนท่อขจัดฝุ่นจะอยู่ในแนวรอบท่อ (tangential inlet with peripheral dust discharge)

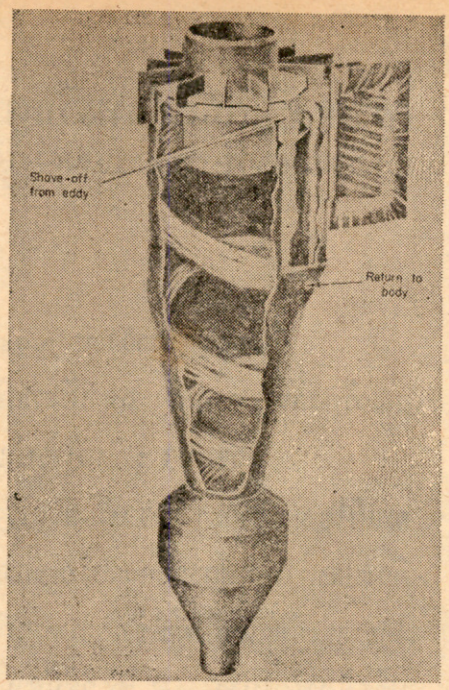
C. ช่องส่งตั้งอยู่ในแนวแกนติดกับใบพัดและท่อส่งฝุ่นอยู่ในแนวแกนเช่นกัน (axial inlet through axial vanes, with axial dust discharge)

D. ช่องส่งตั้งอยู่ในแนวแกนติดกับพัดลมซึ่งอยู่ในแนวแกน ส่วนท่อขจัดฝุ่นอยู่ในแนวรอบของท่อ (axial inlet through axial vanes, with peripheral dust discharge) ตัวของ cyclone collector จะไม่เคลื่อนไหว จึงไม่ต้องการดูแลรักษามากนัก

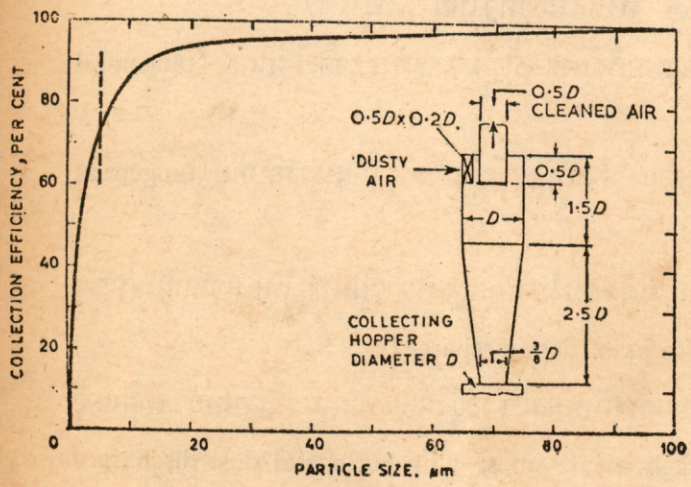




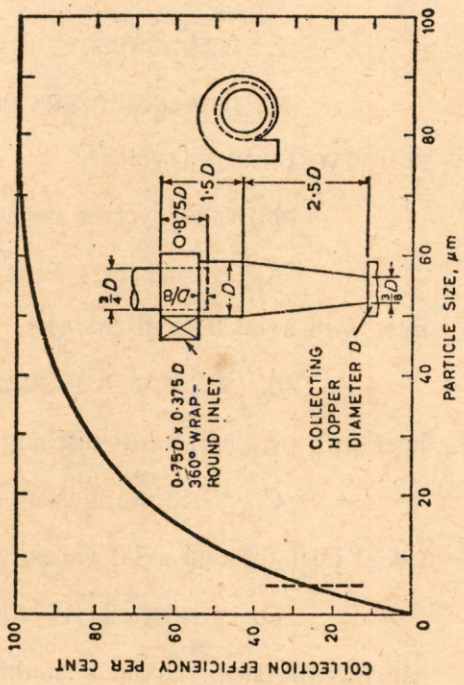
รูปที่ 1



รูปที่ 3

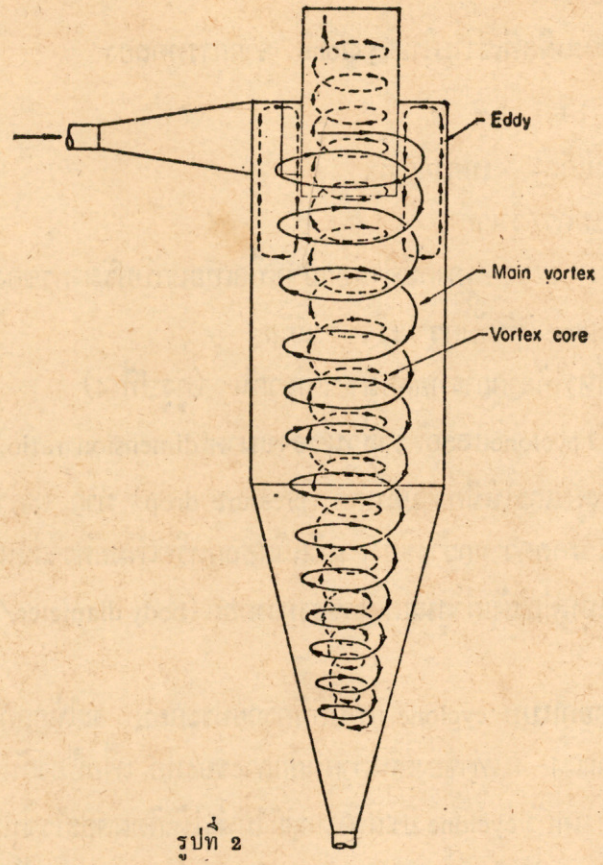


รูปที่ 4 ก



รูปที่ 4 ข

ห้องสมุด
...เทคโนโลยีพระจอมเกล้า ...



รูปที่ 2

หลักการทำงานของ cyclone collector โดยอาศัยทฤษฎีการแยกอนุภาคออกจากแก๊สโดยแรงเฉื่อย (inertia force) ในขณะที่แก๊สผ่านเข้าทางด้านบนสุดของ cyclone จะก่อให้เกิดการเคลื่อนที่ในลักษณะหมุนเป็นเกลียวหรือ vortex ในทิศทางลง, vortex นี้เรียกว่า "main vortex" ในส่วนล่างสุดของทรงกรวย การหมุนของแก๊สจะกลับทิศทาง แต่ยังคงรักษาทิศทางในการหมุนซึ่งจะนำเอาแก๊สออก vortex อันหลังจะเรียกว่า "inner vortex" (ดูรูป 2)

การคำนวณ ที่ main vortex $V_t = Vt_p \left[\frac{R_p}{R}\right]^n$

V_t = ความเร็วในแนวสัมผัสกับรัศมี r, มีหน่วยเป็นเมตร/วินาที

Vt_p = ความเร็วในแนวสัมผัสกับเส้นรอบรูป (ผนังของตัว cyclone) มีหน่วยเป็นเมตร/วินาที

R_p = รัศมีของตัว cyclone, มีหน่วยเป็นเมตร

R = รัศมีของ main vortex, มีหน่วยเป็นเมตร

n = ค่าคงที่ ตามปกติจะมีค่าระหว่าง 0.5–1.0 ซึ่งขึ้นอยู่กับตัว cyclone และอุณหภูมิของแก๊ส

รัศมีของความเร็วในแนวสัมผัสสูงสุดจะเล็กกว่าเส้นผ่าศูนย์กลางของช่องทางออกของแก๊ส (outlet) ประมาณ 0.4–0.8 เท่า และทำให้มีการหมุนของแก๊สอยู่บนส่วนบนของท่อ cyclone เรียกว่า eddy ซึ่งเป็นส่วนที่ทำให้อนุภาคต่าง ๆ หลุดออกมากับแก๊สได้ การแก้ eddy ทำได้โดยการทำให้ผนังของท่อลมหมุน (cyclone) ยืดออก (ดูรูป 3)

การคำนวณขนาดของ cyclone

ขนาดของ cyclone ขึ้นกับความเร็วของแก๊สที่เข้าไปใน cyclone จากการทดลอง

$D = 55\sqrt{R/V}$ มม.

R = อัตรานำเข้าปกติของแก๊ส เมตร^3/ชม.

V = ความเร็วของแก๊ส เมตร/วินาที

ที่ใช้ความเร็วของแก๊สเพราะถือว่า ปริมาตรของอนุภาคมีค่าน้อยมากเมื่อเทียบกับปริมาตรของแก๊ส และความเร็วของอนุภาคที่เข้า cyclone เท่ากับความเร็วของแก๊ส

ส่วนประกอบอื่น ๆ ของตัว cyclone นั้นก็หาได้จากการทดลองเช่นเดียวกัน (ดูรูปที่ 4)

ก) **เส้นผ่าศูนย์กลางของตัว cyclone และอัตราส่วนของขนาด** (dimension ratio) ในการออกแบบ cyclone ที่มีประสิทธิภาพสูงและให้มีความดันลด (pressure drop) มาก จะทำโดยการเพิ่มความยาวของ cyclone และลดความกว้างของทางที่แก๊สออกหรือเพิ่มอัตราส่วน (Ratio) ของเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อลมหมุนต่อเส้นผ่าศูนย์กลางของทางออก (body diameter/outlet diameter)

ข) **กรวย** (cone) **ในการออกแบบ** cyclone แบบที่มีกรวยประกอบ จะให้ยอดของกรวยใหญ่กว่าทางออกของแก๊สประมาณ 1–4 เท่าของเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อ เพื่อป้องกันมิให้ vortex core สัมผัสกับผิวของกรวย แต่ถ้า cyclone มีขนาดใหญ่ก็ไม่ทำให้เกิดผลอะไรขึ้น

ค) **ทางเข้าของแก๊ส** (Gas inlet) ในการออกแบบทางเข้าของท่อ cyclone นั้นสำคัญมาก เพราะมีความสัมพันธ์กับประสิทธิภาพของท่อลมหมุนและความดันลด (pressure drop) ซึ่งโดยทั่วไปจะมีแบบ

1. Axial inlet โดยให้แก๊สเข้าไปทางด้านตรง (ดูรูป 1.C และ 1.D)
2. Tangential inlet โดยให้แก๊สเข้าทางด้านข้าง

ง) **ช่องขจัดฝุ่นและธุลี** (dust discharge)

โดยทั่วไปจะทำเป็นกล่องสำหรับเก็บ แต่จะต้องออกแบบให้อนุภาคผ่านเข้าไปได้สะดวก และมีฝาปิดเปิดได้ข้างใต้ สำหรับถ่ายเอาฝุ่นและธุลีออกไปเมื่อเต็มถังเก็บ

จ) **ช่องทางออกของแก๊ส** (gas outlet)

ต้องออกแบบโดยทำเป็นท่อยื่นเข้าไปในตัวของท่อลมหมุน เพื่อป้องกันไม่ให้อนุภาคออกมากับแก๊ส ทั้งนี้เนื่องจากการเกิดหลุมอากาศ (eddy current) โดยพยายามให้อนุภาคติดออกมาให้น้อยที่สุด โดยทั่วไปจะออกแบบให้เข้าไปในตัวท่อประมาณเท่ากับเส้นผ่าศูนย์กลางของช่องทางออกของแก๊ส

ประสิทธิภาพของเครื่องแยกธุลี (collector efficiency)

สูตรสำหรับคำนวณประสิทธิภาพของเครื่องแยกธุลี

$$\text{efficiency of collector } (n) = \frac{100C}{A} + \frac{100C}{B+C} = 100\,\frac{(A-B)}{A}$$

เมื่อ A = ปริมาณของการนำเข้า (the entering loading or concentration)

B = ปริมาณของส่วนที่ออก (the leaving loading or concentration)

C = ปริมาณของอนุภาคที่อยู่ในภาชนะเก็บ

(คิดโดยใช้หน่วยเดียวกัน) ซึ่งประสิทธิภาพของ cyclone นั้นขึ้นอยู่กับสิ่งต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

	ประสิทธิภาพ
ความหนาแน่นของธุลี (dust specific gravity)	เพิ่ม
ค่าความหนืดของแก๊ส (gas viscosity)	ลด
ปริมาณของธุลี (dust loading)	เพิ่ม
ความเร็วของแก๊สที่ช่องทางเข้า (inlet velocity)	ลด
ขนาดของธุลี (size of dust)	เพิ่ม

ซึ่งดูได้จากรูปที่ 4

ความหยาบของผิวของตัวท่อ cyclone เป็นส่วนที่ทำให้เกิด local eddy current ได้ ซึ่งจะทำให้อนุภาคติดไปกับแก๊สและไอน้ำ ทำให้ประสิทธิภาพของการทำงานลดลง ดังนั้น การออกแบบรอยต่อภายในตัวท่อหมุน cyclone ต้องมีความเรียบพอสมควร ในการเคลื่อนที่ของอนุภาคไปตามความยาวของท่อ จากปากปล่องของเตาหล่อไปสู่ท่อทางเข้าสู่ cyclone นั้น อนุภาคอาจจะตกค้างในระหว่างกลางท่อได้ ดังนั้น ความเร็วที่ส่งเข้ามาต้องมากพอ เพื่อจะไม่ให้อนุภาคตกลงกลางทางก่อนที่จะเข้าเครื่องแยกธุลี และถ้ามีการตกค้างสะสมมาก ๆ จะทำให้การเคลื่อนที่ของแก๊สไม่สะดวก ดังนั้น กำลังในการที่จะพาอนุภาคไปยังเครื่องแยกธุลีต้องนำมาคิด

จาก $W = PAV$

W = กำลังส่ง กิโลวัตต์

P = ความดันของแก๊ส กิโลนิวตัน/เมตร^2

A = ค่า correction area ของท่อพา เมตร^2

V = ความเร็วของอนุภาค เมตร/วินาที

ในการเคลื่อนที่นั้นมีองค์ประกอบสี่ประการที่ทำให้เกิดความดันลดคือ

1. ความดันที่เกิดจากการเสียดทานของของไหลกับผนังของท่อลมหมุน
2. ความดันที่เกิดจากความผิดที่เกิดจากการไถลหรือลื่น (sliding friction) ของของแข็ง
3. ความดันที่ต้องการสำหรับไปเพิ่มพลังงานศักย์ของของไหลและของแข็ง
4. ความดันที่ต้องการสำหรับเพิ่มพลังงานจลน์ของของไหลและของแข็ง

1. ความดันที่เกิดจากการเสียดทานของของไหลกับผนังของท่อลมหมุน

$P_f = \frac{f l \gamma v^2}{m^2}$; f = ประสิทธิภาพของการเสียดทาน (coefficient of friction) ขึ้นอยู่กับความเรียบของผิวของท่อ มีค่าระหว่าง 0.002–0.01

l = ความยาวสมมูลย์ (equivalent length) ซึ่งบวกค่าส่วนเผื่อที่ใช้สำหรับการงอ และปรับให้ได้สัดส่วน

γ = ความหนาแน่นของของไหล ตัน/ลูกบาศก์เมตร

v = ความเร็วของของไหล เมตร/วินาที

m = hydraulic mean radius = A/P

A = พื้นที่แท้จริง (correction area)

P = เส้นรอบรูปบนพื้นที่ A

หาเส้นรอบรูปในกรณีท่อกลม

$P = \pi D$; D = เส้นผ่าศูนย์กลาง

$m = \frac{\pi D^2}{4} \frac{1}{\pi D} = \frac{D}{4}$ เมตร

2. ความดันที่เกิดจากความผิดที่เกิดจากการไถลหรือลื่นของของแข็ง

$P_s = \mu k c l_h g (s-\gamma)$

μ = สัมประสิทธิ์ของการเสียดทานของของแข็งบนท่อนำ

k = ค่าคงที่ ขึ้นอยู่กับความเร็ว, ความหนาแน่น ปริมาณของก๊าซ และขนาดของของแข็ง จะมีค่าระหว่าง 0.1–1.0

c = volumetric concentration, ขึ้นกับปริมาตรการไหลของ solid ; $c = \frac{Q_s}{Q_a}$

Q_s = ปริมาตรของของแข็งที่ไหลเข้าไปในท่อใน 1 วินาที

Q_a = ปริมาตรของของไหลที่ไหลเข้าไปในท่อ ใน 1 วินาที

$l_h = l\cos\theta$ เมื่อ l เป็นความยาวของท่อและ θ เป็นมุมที่ท่อทำกับแนวลาด ในกรณีที่ท่อวางในแนวดิ่ง $l_h = 0$ ซึ่งทำให้เทอมของ P_s หมดไป

g = ค่าแรงโน้มถ่วงของโลก = 9.8 เมตร/วินาที^{2}

s = ความหนาแน่นของของแข็ง ตัน/เมตร^3

γ = ความหนาแน่นของของเหลว ตัน/เมตร^3

3. ความดันที่ต้องการสำหรับไปเพิ่มพลังงานศักย์ของของไหลและของแข็ง

$$P_p = gh\,[\gamma + c\,(s-\gamma)\,]$$

h = ความสูงของท่อที่อยู่ในแนวตั้ง ในกรณีที่ท่ออยู่ในแนวราบทั้งหมด h = o ทำให้ P_p = o ค่าอื่นนั้นดังได้กล่าวมาแล้ว

4. ความดันที่ต้องการสำหรับเพิ่มพลังงานจลน์ของของไหลและของแข็ง

$$P_k = \frac{v^2}{2}\,[\gamma + c\,(s-\gamma)\,]$$

ในกรณีที่ $S >> \gamma$

$$P_p = ghcs$$

$$P_k = csv^2$$

และในกรณีที่มีการดัดหรือหักมุม จะมีการสูญเสียพลังงานจลน์ประมาณ 50–70% ของพลังงานจลน์ทั้งหมด ดังนั้นต้องมีการเผื่อไว้ในกรณีนี้ด้วย

ความดันในการพาเอาของแข็งให้เข้าไปตามท่อ $P_i = P_f + P_s + P_p + P_k$ และถ้าความดันใน cyclone = P_o

ความดันทั้งหมดที่จะให้แก่ระบบ = $P_t = P_i + P_o$ กิโลนิวตัน/ตารางเมตร

$\therefore$ power = $P_t A V$ กิโลวัตต์

จาก power ที่ได้ก็สามารถหาขนาดของ blowers ได้ โดยคิดประสิทธิภาพของ blowers = 75%

$\therefore$ blowers (หรือ motors) powers = $P_t \frac{AV}{0.75}$ กิโลวัตต์

จากข้อมูลหรือเนื้อหาข้างบนจะเป็นการออกแบบเสียส่วนมาก ซึ่งบางครั้ง

อาจจะทำให้การทำงานยุ่งยากขึ้นและเสียเวลามากและอาจจะไม่ได้ผลดีในทางปฏิบัติดังนั้น เราอาจจะใช้ขนาดของท่อลมหมุนจากหนังสือคู่มือต่าง ๆ เพื่อเอามาสร้างขนาดของท่อหมุน โดยปกติแล้ว เครื่องแยกฝุ่นชนิดนี้จะมีลักษณะสำคัญคือ เป็นท่อรูปทรงกระบอกอยู่ทางด้านบน หรือแนวขนานกับตัวทรงกระบอกของเครื่องแยกฝุ่น ขนาดของเครื่องนี้จะมีขนาดตั้งแต่ 20–50 cm. ถ้าเครื่องยิ่งใหญ่จะทำให้ประสิทธิภาพต่ำลง ดังนั้นควรจะใช้เครื่องเล็ก ๆ หลายตัวเรียงกัน จะทำให้ได้ผลดีกว่า และทำให้ปัญหาเรื่องสิ่งแวดล้อมลดลง

ภิรมย์ ลิ้มสุวัฒน์
หน่วยบริการพิเศษ
แผนกขาย
บริษัท ไทยน้ำทิพย์ จำกัด
2180 หัวหมาก กรุงเทพ ฯ
โทร. 776457 , 776451–6

อภินันทนาการ
จาก
โรงงานเพ็ญศรี
75/17 ถนนดาวคนอง จอมทอง
ต. จอมทอง อ. บางขุนเทียน
กรุงเทพมหานคร
ผลิตอะไหล่รถยนต์ วงแหวนเหล็ก
อลูมิเนี่ยม และทองเหลือง โดยฝีมือปราณีต
โทร. 681205

Spot Welding Machine

นพพนธ์ สรรเสริญ
นักศึกษาภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

Spot welding machine เป็นเครื่องเชื่อมชนิดหนึ่งซึ่งใช้เชื่อมโลหะแผ่นเข้าด้วยกัน จะได้รอยเชื่อมแข็งแรงเท่ากับการเชื่อมแบบอื่น และเป็นที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมประกอบรถยนต์ ทำตู้เย็น ทำตู้เหล็ก

Spot welding เป็นวิธีการเชื่อมแบบหนึ่งของ Resistance welding ซึ่งทางทฤษฎีมีอยู่ว่า เมื่อให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านโลหะสองชั้นที่สัมผัสกัน ส่วนที่มี resistance สูงจะเกิดความร้อนสูง ถ้าปริมาณกระแสไฟฟ้าสูง โลหะทั้งสองจะหลอมถึงอุณหภูมิที่เป็น plastic เมื่อกดโลหะทั้งสองเข้าด้วยกันมันจะหลอมติดกัน ซึ่งจะได้รอยเชื่อมเป็นจุด ๆ

Spot welding machine **ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 3 ส่วนคือ**

1. electrical circuit ประกอบด้วย transformer, electrode
2. mechanical system ประกอบด้วย frame, fixture และกลไกอื่น ๆ
3. control equipment เป็นส่วนควบคุมการทำงานของเครื่อง เช่น การควบคุมเวลา ควบคุมกระแสไฟฟ้า

การออกแบบสร้างส่วนต่าง ๆ ของเครื่อง

1. frame
2. transformer
3. welding electrode
4. manipulating mechanism
5. control equipment

FRAME : เป็นส่วนที่จับและยึดส่วนต่าง ๆ ของเครื่อง ดังนั้นในการออกแบบสร้างจะต้องคำนึงถึง load ที่ frame รองรับ เช่น transformer, mechanism, electrode, และส่วนประกอบอื่น ๆ โดยเฉพาะแรงที่เกิดขึ้นซึ่งมีทั้ง tension, compression, transverse shear ซึ่งเราจะต้องหา stress ในแต่ละกรณี

ถ้าให้ frame เป็นรูปสี่เหลี่ยมซึ่งเสมือน column หนึ่ง และ load ทำให้แผ่นโลหะเกิด bending เราถือว่ามี moment มากระทำต่อ column โดยใช้สูตร

MACHINE SETTINGS FOR SPOT WELDING MILD-STEEL SHEET

Sheet Thickness (Single Sheet)		*Electrode Tip Diam. (in.)*	*Minimum Electrode Force (lb)*	*Welding Current (amps)*	*Weld Time (cycles)*
(s.w.g.)	*(in.)*				
30	0·012	$\frac{1}{8}$	120	6,000	4
24	0·022	$\frac{5}{32}$	190	7,000	6
20	0·036	$\frac{3}{16}$	270	8,000	10
18	0·048	$\frac{7}{32}$	375	9,000	12
16	0·064	$\frac{1}{4}$	500	10,000	16
14	0·080	$\frac{9}{32}$	625	11,000	20
12	0·014	$\frac{5}{16}$	750	12,000	25
10	0·128	$\frac{11}{32}$	900	14,000	30
—	0·250	$\frac{1}{2}$	2,000	21,000	60

(Sciaky Electric Welding Machines Ltd.)

TABLE 2

DATA FOR SPOT WELDING 18/8 STAINLESS STEEL AND NIMONIC 75

Sheet Thickness		*Electrode Tips*		*Minimum Electrode Force (lb)*	*Weld Time (cycles)*	*Welding Current (amps)*
(s.w.g.)	*(in.)*	*Domed (rad., in.)*	*Flat (diam., in.)*			
18/8 Stainless Steel						
30	0·012	3	$\frac{1}{8}$	340	3	2,500
24	0·022	3	$\frac{5}{32}$	380	5	4,000
20	0·036	3	$\frac{3}{16}$	540	7	5,500
18	0·048	3	$\frac{7}{32}$	750	9	7,000
16	0·064	3	$\frac{1}{4}$	1,000	11	8,500
14	0·080	3	$\frac{9}{32}$	1,250	13	11,000
12	0·104	3	$\frac{5}{16}$	1,500	16	13,500
10	0·128	3	$\frac{11}{32}$	1,800	20	17,000
Nimonic 75						
30	0·012	3	$\frac{1}{8}$	360	3	2,200
24	0·022	3	$\frac{5}{32}$	570	5	3,600
20	0·036	3	$\frac{3}{16}$	800	7	5,000
18	0·048	3	$\frac{7}{32}$	1,120	9	6·500
16	0 064	3	$\frac{1}{4}$	1,500	11	8,000
14	0 080	3	$\frac{9}{32}$	1·870	13	10,500
12	0·104	3	$\frac{5}{16}$	2,250	16	13,000
10	0·128	3	$\frac{11}{32}$	2,700	20	16,000

(Sciaky Electric Welding Machines Ltd.)

$Sb = \frac{M\,C.}{I}$ เมื่อ Sb = stress, psi

M = bending moment, lb

C = ระยะห่างจาก C.G. ถึง section, inch

I = rectangular moment of inertia of section, $(in)^4$

TRANSFORMER : เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ step up current ให้สูง ซึ่ง welding transformer นี้ใช้กระแสสูงมาก ซึ่งขึ้นกับงานที่ใช้แต่ละชนิด ปริมาณ current สำหรับงานแต่ละชนิดดูได้จากตาราง

TABLE 3

SETTINGS FOR SPOT WELDING ALUMINIUM SHEET, USING A.C. MACHINES

Sheet Thickness		*Electrode Tips*		*Welding Pressure* (lb)	*Initial and Recompression Pressure* (lb)	*Welding Current* (amps)	*Weld Time* (cycles)
(s.w.g.)	(in.)	*Domed* (rad., (in.)	*Flat* (diam., (in.)				
30	0·012	1	$\frac{1}{8}$	180–360		16,000	2
24	0·022	2	$\frac{1}{8}$	180–360		18,000	3
20	0·036	2	$\frac{5}{32}$	300–600	Approx.	22,000	5
18	0·048	3	$\frac{3}{16}$	400–700	twice	25,000	6
16	0·064	4	$\frac{7}{32}$	550–800	Welding	28,000	8
14	0·080	4	$\frac{1}{4}$	700–1,000	Pressure	32,000	10
12	0·104	4	$\frac{9}{32}$	900–1,000		37,000	13
10	0·128	5	$\frac{5}{16}$	1,100–1,500		42,000	16

TABLE 4

SETTINGS FOR SPOT WELDING ALUMINIUM SHEET, USING INDUCTANCE STORED ENERGY WELDERS

Sheet Thickness		*Electrode Tips*		*Welding Pressure* (lb	*Initial and Recompression Pressure* (lb)	*Primary Direct Current Settings* (amps)
(s.w.g.)	(in.)	*Domed* (rad., in.)	*Flat* (diam. (in.)			
30	0·012	1	$\frac{1}{8}$	180	800	150
24	0·022	2	$\frac{1}{8}$	180	800	175
22	0·028	2	$\frac{5}{32}$	300	900	200
20	0·036	2	$\frac{5}{32}$	300	1,000	220
18	0·048	3	$\frac{3}{16}$	400	1,200	275
16	0·064	4	$\frac{7}{32}$	550	1,500	310

(Sciaky Electric Welding Machines Ltd.)

E.M.F. equation of transformer

ให้ N_1 = No. of turns of primary

N_2 = No. of turns of secondary

V_1 = applied voltage

เนื่องจาก V_1 เป็น sinusoidal ดังนั้น flux จึงเป็น sinusoidal ด้วย

$$\therefore \quad \phi = \phi_m \sin \omega t$$

induced e.m.f. ของ primary

$$E_1 = - N_1 \frac{d\phi}{dt}$$

$$= - N_1 \frac{d}{dt} [\phi_m \sin \omega t]$$

$$= - \phi_m N_1 \omega \cos \omega t$$

$$= - 2\pi f N_1 \phi_m \cos \omega t$$

$$E_{max} = -2\pi f N_1 \phi_m$$

$$E_{rms} = -\frac{2}{\sqrt{2}} \pi f N_1 \phi_m$$

$$E_{rms} = -4.44 f N_1 \phi_m \quad (1)$$

ในทางปฏิบัติ

$$V_1 \approx E_1$$

$$\therefore V_1 \cong 4.44 \phi_m f N_1 \quad (2)$$

flux ที่เกิดขึ้นทาง primary จะ link กับทาง secondary ซึ่งมีจำนวน N_2

$$\therefore V_2 = 4.44 f \phi_m N_2 \quad (3)$$

และเราสมมติจะสร้าง welding transformer มีขนาดดังนี้

output voltage $\approx$ 3 V.

output current $\approx$ 4000 A.

input = 220 V.

จะได้ KVA rating $\approx$ 10 KVA

ในการออกแบบสร้างเราต้องเลือก net cross section (A_i) net window area (A_ω) จาก flux density (B_m, Wb/m^2) และ current density (δ) A/m^3 และ window space factor (k_ω)

จากสมการ 1

E.M.F. per turn is

$$E_t = 4.44 f \phi_m \quad (4)$$

$$= 4.44 f B_m A_i \quad (5)$$

เพราะว่า $\phi_m = B_m A_i$

ในกรณีนี้หม้อแปลงเป็น single phase shell type. The active window area เท่ากับ

$$a_1 N_1 + a_2 N_2 = k_\omega A_\omega \quad (6)$$

และ $a_1 N_1 = a_2 N_2$

$$\therefore a_1 = \frac{k_\omega A_\omega}{2N_1} \quad (7)$$

กระแสทาง primary = I_1

$$I_1 = a_1 \delta = \frac{k_\omega A_\omega \delta}{2N_1} \quad (8)$$

Ampere–turn ทาง primary (secondary) เท่ากับ IN

$$IN = I_1 N_1 = I_2 N_2 = \tfrac{1}{2} k_\omega A_\omega \delta \quad (9)$$

สำหรับ single phase rating Volt–Ampere เท่ากับ S

$$S = V_1 I_1 \quad (10)$$

$$= \frac{V_1}{N_1} I_1 N_1$$

$$= E_t I_1 N_1 \quad (11)$$

เมื่อ V_1 และ I_1 เป็น phase value

แทนค่าสมการ (4) และ (9) ในสมการ (11)

$$\therefore \quad S = 4.44 f B_m A_i \cdot \tfrac{1}{2} k_\omega A_\omega \delta$$

$$= 2.22 f B_m A_i A_\omega k_\omega \delta \quad (12)$$

สำหรับความถี่ 50 cycle per second, power transformer.

flux-density = 1.1–1.4 weber per square metre

จากที่กล่าวมาแล้วสามารถออกแบบสร้างหม้อแปลงได้ โดยที่ ϕ_m เราสามารถหาได้จาก core section ได้ และ IN (ampere-turn) จะเป็นตัวกำหนดพื้นที่หน้าตัดของลวดทองแดง (Total copper area)

อัตราส่วนระหว่าง ϕ_m ต่อ IN จะคงที่สำหรับหม้อแปลงทุกชนิด

ให้ $r = \frac{\phi_m}{IN}$ (13)

out put KVA per phase = S

$$S = 4.44 f \phi_m IN \times 10^{-3}$$

$$= 4.44 f [\phi_m^2 / r] \times 10^{-3} \quad (14)$$

$$\therefore \quad \phi_m = \sqrt{S} \cdot \sqrt{r \times 10^3 / 4.44 f}$$

แทนค่า ϕ_m ในสมการ (4)

$$E_t = 4.44\, f \sqrt{S} \cdot \sqrt{r \times 10^3 / 4.44\, f}$$
$$= \sqrt{S} \cdot \sqrt{4.44\, f\, r \times 10^3}$$
$$= K\sqrt{S} \qquad (15)$$

เมื่อ $K = \sqrt{4.44\, f\, r \times 10^3}$, r = constant

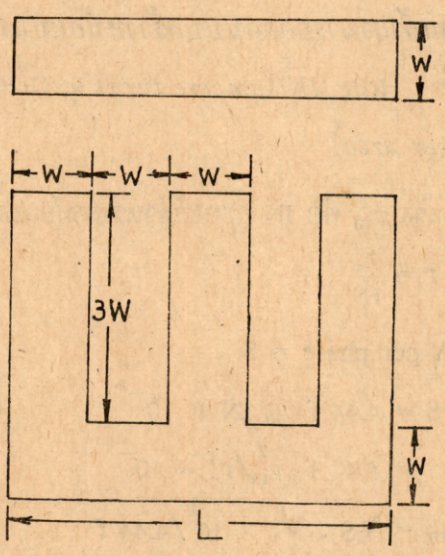
สำหรับ load ที่ maximum efficiency K จะมีค่าตามตารางนี้ เมื่อ rating เป็น KVA

TYPE	K
Three phase shell	1.3
core power	0.6–0.7
distribution	0.45
single phase shell	1.0–1.2
core	0.75–0.85

การออกแบบสามารถเลือกค่า B_m, δ และ A_i, A_ω จากสมการ (12) ค่า E_t จากสมการ (15) และค่า K จากตารางข้างต้น

ส่วน A_i หาได้จากสมการ (5) โดยกำหนดค่า B_m ที่เหมาะสม

ขนาด frame เป็นดังนี้



หม้อแปลงที่ต้องการใช้มีขนาด 10 KVA

จากสมการ (15) $E_t = K\sqrt{S}$

$= 1.0\sqrt{10}$

$= 3.16$

จากสมการ (4) $E_t = 4.44\ f\ \phi_m$

$\therefore\ \phi_m = \frac{3\ 16}{4.44\ f}$

$= \frac{3.16}{4.44 \times 50}$

$= 0.0143$ weber

ให้ flux density $= 1.1\ Wb/m^2$

$A_i = \frac{\phi_m}{B_m}$

$= \frac{0.0143}{1.1}$

$= 0.0130\ m^2$

$= 130\ cm^2$

จากสมการ (12) $S = 2.22\ f\ A_i\ A_\omega\ B_m\ \delta\ k\omega$

เมื่อ $S = 10$ KVA

$\delta = 2.2\ A/m^3$

$k\omega = 0.4$

$\therefore\ A_\omega = \frac{10 \times 10^3}{2.22 \times 50 \times 1.1 \times 2.2 \times 0.4 \times 10^6 \times 130 \times 10^{-4}}$

$= 0.0077\ m^2$

$= 77\ cm^2$

ขนาดของ core และ window จะคงที่

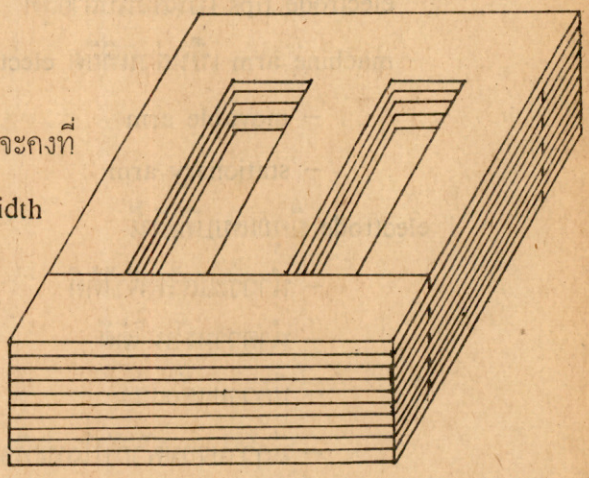
core section area $= 13$ long $\times\ 10$ width

$= 130\ cm^2$. net

$\approx 20\ (inch)^2$

window section $= 15 \times 5\ cm^2$

$= 75\ cm^2$



DIMENSION IN CM.

windings

จำนวนรอบในขด secondary

$$N_2 = \frac{V_2}{E_t} = \frac{3}{3.16} \approx 1 \text{ turn}$$

จำนวนรอบในขด primary

$$N_1 = \frac{V_1}{E_t} = \frac{220}{3.16} = 70 \text{ turns}$$

tap 5 % ของ out put voltage

$\therefore$ tap ที่รอบ 75–80–85

กระแสทาง primary

$$I_1 = \frac{10 \times 10^3}{220} \approx 45 \text{ A}$$

กระแสทาง secondary

$$I_2 = \frac{10 \times 10^3}{3.16} = 3300 \text{ A}$$

The corresponding conductor section

a = conductor section

$$a_1 = \frac{45}{2.2} = 20 \text{ mm}^2$$

$$a_2 = \frac{3300}{2.2} = 1500 \text{ mm}^2 = 15 \text{ cm}^2$$

Welding Electrode : เป็นส่วนที่นำกระแสจาก secondary ไปยังงานที่จะเชื่อม เราจะกล่าวถึง

– electrode tips เป็นส่วนปลายสุด

– machine arm เป็นส่วนที่ยึด electrode มี

  – movable arm

  – stationary arm

electrode มีคุณสมบัติดังนี้

– นำกระแสไฟฟ้าได้ดี

– นำความร้อนได้ดี

– มีความแข็งแรง

– มีความรวมตัวกับโลหะที่จะเชื่อมได้น้อยมาก

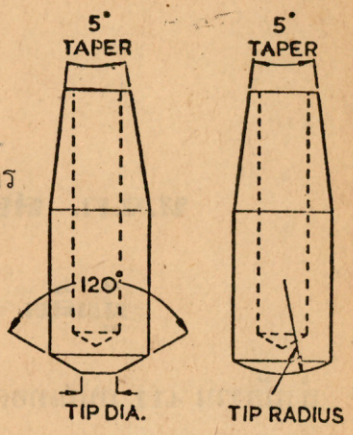
วัสดุที่นำมาทำ electrode ส่วนมากเป็นพวก copper alloy

electrode tips ส่วนมากผิวหน้าจะเป็นรูปโค้งกลม ดังรูป

ซึ่งจะสัมพันธ์กับขนาดความหนาของชิ้นงาน จากสูตร

$d = \sqrt{t}$ เมื่อ t = ความหนาของชิ้นงาน

d = tip diameter



MANIPULATING MECHANISM

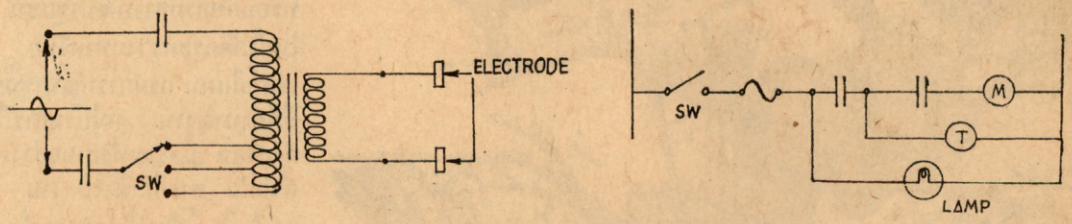
เป็นส่วนที่ส่งแรงจากเท้าไปยัง electrode ซึ่งเป็นแบบ foot operated มีส่วนประกอบดังนี้

1. Foot Lever
2. Switch
3. คานส่งแรง
4. Pressure Spring
5. Machine Lock Arm
6. Spring ดึง Mechanism กลับ

CONTROL EQUIPMENT

ประกอบด้วย

1. Limit Switch
2. Timer
3. Main Contact
4. Selector Switch



รูปแสดงการต่อวงจร

สรุป *spot welding machine มีอยู่หลายแบบหลายชนิดด้วยกัน การทำงานของแต่ละชนิดก็คล้ายคลึงกัน และเป็นเครื่องมือที่นิยมใช้กันมากในวงงานอุตสาหกรรมขนาดเล็กจนถึงขนาดใหญ่ เพราะจะให้ได้รับความสะดวก รวดเร็วและสวยงามต่องาน ส่วนการออกแบบสร้างจะให้สมบูรณ์และสวยงามนั้น ต้องขึ้นกับความรู้ความชำนาญและส่วนประกอบอื่น ๆ*

จาก หนังสือ project ชื่อ spot welding machine ปีการศึกษา 2516-17

อภินันทนาการ

จาก

ห.จ.ก. สยามบราเดอร์ อุตสาหกรรม

ผู้ผลิต เชือก ด้าย แห อวน โปลี

สำนักงาน 411 ถนนเทอดไทย
ซอยตลาดมะลิทอง ตลาดพลู
กรุงเทพฯ
โทร. 666054-6

โรงงาน 65/5 ถนนสุขสวัสดิ์
ต. บางครุ อ. พระประแดง
จ. สมุทรปราการ
โทร. 685212 , 686697-9

บทเรียน จากสารภี

.....หมู่บ้านซึ่งครั้งหนึ่งปลูกอะไรไม่เคยขึ้นเลย

SHELL

สารภี เป็นเพียงผลงานชิ้นหนึ่ง ในโครงการ
"เชลล์ช่วยไทยให้เจริญ"

ย้อนหลังไปเพียงไม่กี่ปี หมู่บ้านสารภีสุดแสนกันดาร ดินเลว เพราะขาดปุ๋ย ท้องไร่ท้องนาแตกระแหง เพราะขาดน้ำ
วันหนึ่ง ในเดือนมกราคม ปี 2509 เชลล์มาถึงหมู่บ้านสารภี พร้อมกับกรมการพัฒนาชุมชน ในสังกัดกระทรวงมหาดไทย
เชลล์มีแผน กรมการพัฒนาชุมชนมีผู้ชำนาญงาน หมู่บ้านสารภีมีกำลังคน เมื่อรวมทั้งสามอย่างเข้าด้วยกัน สารภีก็เริ่มงอกงามทุกวันนี้ น้ำไหลใสสะอาดทั่วสารภี พืชผลชูช่อให้เก็บเกี่ยว มีทั้ง ฝ้าย แตงโม ข้าวโพด มันสำปะหลัง ปอ และผักสด หมุนเวียนเปลี่ยนกันตลอดปี เลี้ยงเป็ดเลี้ยงไก่ก็ได้ผล สารภีอุดมสมบูรณ์ โครงการสารภีของเชลล์ประสบความสำเร็จอย่างน่าชื่นใจ จึงขึ้นหยัดอยู่เป็นตัวอย่าง ให้หมู่บ้านอื่นๆ ในประเทศไทยเจริญรอยตาม

กาวและการเลือกใช้กาวสำหรับงานไม้

โดย ดร. นระ คมนามูล
ชาคริต ศรัทธาบุญ
จำเริญ ศรีโท
ไกรสีห์ อิศรางกูล ณ อยุธยา

ทุกวันนี้กาวได้เข้ามามีบทบาทสำคัญในอุตสาหกรรมทำไม้อัดและงานไม้ทั้งหลายเป็นอย่างมาก การนำเอาไม้ชิ้นเล็ก ๆ มาอัดเข้าเป็นไม้ชิ้นใหญ่ด้วยกาวนับว่าเป็นเทคโนโลยีสมัยใหม่ที่ทำให้การใช้ไม้ธรรมชาติเป็นไปอย่างประหยัดและมีประสิทธิภาพ ไม้อัดกาวนี้มีกำลังสูงกว่าไม้ธรรมชาติล้วน ๆ ยิ่งกว่านั้น บางอันยังมีกำลังสูงกว่าเหล็กกล้าที่มีน้ำหนักเท่ากันอีกด้วย สิ่งนี้จะเป็นจริงไม่ได้เลยถ้าผู้ผลิตไม้อัดไม่เลือกใช้กาวชนิดที่ถูกต้องและเหมาะสมกับงาน สิ่งที่ผู้ควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ไม้อัดกาวมักจะมองข้ามไป คือ อายุการใช้งานของกาวชนิดต่าง ๆ และอำนาจความต้านทานต่อสภาพอากาศที่กาวแต่ละชนิดต้องผจญ ความบกพร่องในข้อนี้เป็นผลเสียต่อจุดประสงค์ของการทำไม้อัดกาวอย่างยิ่ง กล่าวคือการมีอายุใช้งานสั้นของผลิตภัณฑ์ไม้อัดกาวนับว่าเป็นการทำลายทรัพยากรป่าไม้ของชาติยิ่งเสียกว่าการนำเอาไม้ธรรมชาติมาใช้โดยตรง บทความนี้จึงเสนอมาเพื่อขจัดข้อบกพร่องอันนี้

1. ชนิดและคุณสมบัติของกาวสำหรับงานไม้

กาวที่ใช้กันอยู่ทุกวันนี้สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ กล่าวคือ กาวธรรมชาติ และกาวสังเคราะห์ ประมาณก่อนปี พ.ศ. 2470 กาวที่ใช้กันสำหรับงานไม้ทำมาจากวัตถุธรรมชาติ กาวธรรมชาติหลายชนิดมีความเหนียวติดแน่นดีเลิศ บางชนิดยังมีผู้นิยมใช้จนกระทั่งทุกวันนี้ ระหว่าง 40 ปีที่แล้วมา นักเคมีได้ค้นคว้าพบกาวสังเคราะห์ใหม่ ๆ มากมาย ผลทำให้อุตสาหกรรมกาวเปลี่ยนแปลงไปมาก

ก) กาวธรรมชาติ (natural glues) ที่สามารถใช้สำหรับการลามิเนทไม้มี 2 ชนิด คือกาวไขมันสัตว์ (hot animal or hide glue) และกาวเคซีน (casein glue) ซึ่งทำจากน้ำนมวัว

กาวไขมันสัตว์ทำมาจากวุ้นที่ได้จากการเคี่ยวหนังและกระดูกสัตว์ มันเป็นกาวชนิดที่เก่าแก่ที่สุดที่ใช้กันสำหรับงานไม้ และทุกวันนี้ก็ยังคงมีผู้ใช้อยู่มาก เพราะความมีกำลังยึดเกาะดีของมันและรอยกาวก็เข้ากับสีเนื้อไม้ดีด้วย อย่างไรก็ตาม ประโยชน์ของมันสำหรับใช้ในการลามิเนทไม้มีขอบเขตจำกัด ประการแรก มันแห้งเร็วเกินไปทั้งนี้เนื่องมาจากการที่ต้องทำให้ร้อนก่อนทา ถ้ากาวแห้งก่อนการอัด รอยต่อของกาวอาจจะไม่มีกำลัง

ประการที่สอง กาวชนิดนี้ขาดความต้านทานต่อความชื้น เมื่ออยู่ในสภาพอากาศที่ชื้นมาก ๆ คุณภาพของกาวเสื่อมลงง่ายซึ่งจะมีผลทำให้ไม้เสียสภาพการลามิเนทในที่สุด

กาวเคซีนเป็นกาวชนิดแรกที่สามารถทนต่อความชื้น กาวชนิดนี้ทำมาจากนมวัว แข็งและจำหน่ายในลักษณะเป็นผงซึ่งสามารถละลายในน้ำได้ ปกติการผสมกับน้ำด้วยอัตราส่วนที่ถูกต้องจะทำก่อนใช้สองสามนาที การอัดไม้ด้วยกาวชนิดนี้ไม่ต้องการความดันมากเหมือนกับที่ใช้กาวสังเคราะห์ส่วนใหญ่ กาวเคซีนทนทานต่อความชื้นอย่างมีขอบเขตจำกัด กาวชนิดนี้เหมาะสมสำหรับงานไม้ภายในที่มีสภาพอากาศไม่รุนแรงเท่านั้น เพราะมันไม่กันน้ำ ข้อดีของกาวชนิดนี้คือ ราคาถูก ใช้ง่าย มีความต้านทานต่อความชื้น ไม่แห้งเร็วจนเกินไป และการอัดไม่ต้องการความดันมาก

ข. กาวเรซินสังเคราะห์ (Synthetic resin glues)

ตรงกันข้ามกับกาวธรรมชาติ ในปัจจุบันมีกาวที่สังเคราะห์ขึ้นมากมายหลายชนิด กาวเหล่านี้ได้รับการพัฒนาขึ้นมาในระหว่าง 30 ปีที่แล้วเพื่อเอาชนะข้อบกพร่องของกาวธรรมชาติ ถึงแม้ว่าในปัจจุบันมีกาวสังเคราะห์ผลิตออกมาหลายชนิดด้วยกัน แต่ที่หาซื้อได้มีเพียงสองสามชนิดเท่านั้น กลุ่มกาวเรซินสังเคราะห์ที่มีอยู่ในท้องตลาดสามารถจำแนกออกได้เป็น 2 จำพวก อันแรก กาวเรซิน thermosetting กาวนี้สามารถแข็งตัวอย่างถาวรที่อุณหภูมิในร่มโดยผลของปฏิกริยาเคมี อันที่สอง กาวเรซิน thermoplastic ที่เป็นอิมัลชั่นเช่นกาวโปลิวินิล กาวเหล่านี้แข็งตัวโดยการสูญเสียน้ำ การแข็งตัวของมันไม่ถาวรและอาจจะกลับเหลวอีกได้ถ้าปล่อยทิ้งไว้ในอุณหภูมิสูง ๆ นอกจากนี้มันยังมีความต้านทานต่ำต่อความเค้นและความชื้นสูงๆ กาวลาเท็กซ์ประเภทโพลิไวนิลอะซีเตตที่ผลิตขึ้นในประเทศไทยก็จัดอยู่ในกาวจำพวกที่สองนี้ด้วย กาวชนิดนี้อาจจะมีกำลังสูงแต่ไม่กันน้ำและความชื้นสูง ๆ กาวเรซินสังเคราะห์ที่ใช้กันมากสำหรับงานไม้และสามารถหาได้ง่าย ๆ ในท้องตลาดก็มี

กาวยูเรียเรซิน (Urea–resin glue) หรือบางครั้งเรียกกันว่า กาวพลาสติก กาวชนิดนี้เป็นกาวสังเคราะห์ที่มีผู้ใช้กันมากที่สุดและจำหน่ายในลักษณะเป็นผงแห้งซึ่งสามารถผสมกับน้ำได้ ภายใต้บรรยากาศที่เหมาะสมมันมีอายุการใช้งานนานพอสมควร เมื่อแห้งแล้วรอยกาวเกือบไม่มีสี และมีคุณสมบัติด้านกำลังดีมาก การอัดไม้ด้วยกาวชนิดนี้ใช้ความดันปานกลาง กาวนี้มีความต้านทานสูงต่อน้ำเย็นและความชื้น ช่วงเวลาแข็งตัวของมันก็นานเพียงพอที่จะใช้สำหรับงานประกอบโครงสร้างไม้ที่สลับซับซ้อน เช่นเดียวกับกาวเรซินสังเคราะห์อื่น ๆ อัตราความเร็วของการแข็งตัวของกาวยูเรียขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ เมื่ออุณหภูมิสูง เวลาบ่มจะสั้นลง

กาวยูเรียจะแข็งตัวถึงขีดกำลังสูงสุดในเวลาที่สั้นมากถ้ามีการบ่มในห้องควบคุมอุณหภูมิที่ถูกต้อง

กาวรีซอร์ซินอลเรซิน (Resorcinol resin glue) ในบรรดากาวเรซินทั้งหมด รีซอร์ซินอลเรซินเป็นกาวชนิดหนึ่งในจำนวนสองสามชนิดที่พิจารณาว่ากันน้ำได้อย่างแท้จริง ถ้าผสมและใช้อย่างถูกต้องพร้อมกับมีการบ่มที่ดี รอยต่อของกาวชนิดนี้จะมีอำนาจต้านทานต่อการตากแดดจัดและตากฝนจัดที่ซ้ำ ๆ ซากได้อย่างสบาย ด้วยเหตุผลอันนี้ เขาจึงนิยมใช้มันสำหรับประกอบเรือไม้ หรือ สำหรับการลามิเนทชิ้นส่วนสำหรับเรือ กาวชนิดนี้มีขายในท้องตลาดในจำนวนน้อย ปกติจะบรรจุในภาชนะสองใบ ใบหนึ่งบรรจุผงเรซิน และอีกใบหนึ่งบรรจุตัวเร่งให้แข็งซึ่งเป็นของเหลวสีน้ำตาลแก่ ก่อนเวลาใช้เล็กน้อยจึงจะทำการผสมของทั้งสองเข้าด้วยกันอย่างมีส่วนสัดที่ถูกต้อง เช่นเดียวกับกาวชนิดอื่น ๆ อัตราการบ่มกาวชนิดนี้ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิโดยทั่ว ๆ ไป อุณหภูมิยิ่งสูงขึ้น กาวก็จะแข็งตัวเร็วขึ้น อุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการบ่มกาวชนิดนี้อยู่ในช่วง 21–26 องศาเซลเซียส ดังนั้น กาวชนิดนี้จึงเหมาะสมสำหรับการใช้ที่อุณหภูมิในร่มปกติ แต่ไม่ควรใช้ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 21 องศาเซลเซียส หลังจากการบ่มจนแห้งดีแล้ว มันจะให้รอยต่อที่มีกำลังสูงพอ ๆ กับกำลังของเนื้อไม้ ข้อเสียของกาวชนิดนี้คือสีของมันเมื่อแห้งแล้วรอยกาวจะปรากฏเป็นสีน้ำตาลไหม้ซึ่งไม่เป็นที่ปรารถนาในบางสถานการณ์

2. การจำแนกกาวตามสภาพของงาน

ในปัจจุบัน การนำเอากาวมาใช้ในงานโครงสร้างไม้และกึ่งโครงสร้างไม้เป็นที่นิยมกันอย่างแพร่หลาย การใช้กาวเพื่อการประกอบส่วนต่าง ๆ ของโครงสร้างไม้เป็นวิธีที่ประณีตและมีประสิทธิภาพอันหนึ่งในการอัดเศษไม้เล็ก ๆ เข้าด้วยกันเป็นไม้แผ่นใหญ่ วิธีการเช่นนี้ใช้กันมากในการผลิตไม้แผ่น เช่น ไม้อัดพลายวู๊ดและไม้แผ่นเรียบ การจับแน่นของกาวต้องให้ได้กำลังตามความต้องการทางโครงสร้าง และเป็นสิ่งจำเป็นมากที่การจับแน่นนี้จะต้องทนทานต่อสภาพอากาศที่มันเผชิญอยู่ตลอดชีวิตการใช้งานของมัน การพัฒนาอุตสาหกรรมทางด้านกาวได้นำไปสู่การผลิตกาวชนิดต่าง ๆ มากมายดังที่ได้กล่าวมาแล้ว *กาวแต่ละอย่างมีความเหมาะสมสำหรับงานต่าง ๆ กัน และจำเป็นอย่างยิ่งที่กาวที่เลือกมาควรจะถูกต้องกับสภาพของงานที่มันต้องทำ* บทความนี้กล่าวเป็นเลา ๆ ให้ทราบถึงสภาวะต่าง ๆ ที่การต่อไม้ด้วยกาวอาจจะต้องพบในระหว่างการใช้งานของมัน อีกทั้งให้คำแนะนำเพื่อผลสูงสุดที่จะได้จากการใช้กาวแต่ละชนิด

สภาพอากาศแวดล้อม

ข้อต่อต่าง ๆ ในโครงสร้างไม้ที่ใช้กาวเป็นเครื่องยึดเหนี่ยวอาจจะพบกับสภาพของอากาศแวดล้อมแตกต่างกันออกไปมาก ตั้งแต่สภาพอากาศในร่ม จนถึงสภาพอากาศกลางแดด

กลางฝน หรือภายใต้สภาพการกัดกร่อนของสารเคมีต่าง ๆ สภาพอากาศเหล่านี้พอจะแยกออกเป็นหัวข้อใหญ่ ๆ ได้ 5 ข้อ กล่าวคือ สภาพอากาศภายนอก (อันตรายมาก และอันตรายน้อย) สภาพอากาศภายใน (อันตรายมาก และอันตรายน้อย) และสภาพอากาศกรณีพิเศษ ตารางที่ 1 รวบรวมกาวชนิดต่าง ๆ ไว้พร้อมกับบ่งความเหมาะสมสำหรับสภาพอากาศหนึ่ง ๆ

ความทนทานของกาว

สิ่งที่เป็นเหตุทำให้ความเหนียวของกาวเสื่อมมี ความชื้น ความร้อน และการกัดของสารเคมีบางอย่าง ความต้านทานต่อการเสื่อมตัวของความเหนียวในการยึดเกาะของกาวแปรผันมากตามสูตรกาวต่าง ๆ อย่างไรก็ตาม ทั่ว ๆ ไป ผลิตภัณฑ์กาวสังเคราะห์ทุกวันนี้มีความทนทานดีกว่ากาวชนิดเก่า ๆ โดยเฉพาะที่ทำมาจากวัตถุดิบธรรมชาติ เช่น กาวทำจากปลาและสัตว์ และกาวน้ำนมวัว แม้กระทั่งภายในกลุ่มกาวสังเคราะห์ความแตกต่างก็เห็นได้ชัด ตามมาตรฐานอังกฤษที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์ไม้อัดกาวเรซิน เท่าที่ปฏิบัติกันในปัจจุบัน เขาจำแนกความทนทานของรอยต่อในรูปของความต้านทานของมันต่อสภาพอากาศทั้งหลายที่มันจะต้องพบ การทดลองรอยต่อต่าง ๆ โดยทิ้งให้ตากแดดตากฝนเป็นเวลาระยะยาว ได้ทำกันมาแล้วที่ Princes Risborough Laboratory ในประเทศอังกฤษเป็นเวลาหลายปี ผลการทดลองกลางแจ้งเหล่านี้ได้นำไปเทียบเคียงกับผลการทดลองรอยต่อแบบเดียวกันแต่ทดลองในห้องปฏิบัติการโดยการแช่ในน้ำเย็น น้ำร้อน หรือน้ำเดือด การจำแนกความทนทานของกาวออกเป็น 4 พวก จึงวิวัฒนาการขึ้นดังนี้

ก) พวกทนแดดทนฝนและความร้อนจัด (WBP: Weather and boil proof)

มีกาว phenol–formaldehyde (PF) และกาว resorcinol–formaldehyde (RF) หรือกาวผสมของทั้งสองชนิด จากการทดลองอย่างมีหลักการและประวัติการใช้งานเป็นเวลาหลาย ๆ ปี ได้พิสูจน์ให้เห็นแล้วว่ากาวดังกล่าวมีความต้านทานสูงต่อการตากแดดตากฝน ความชื้น ความร้อนและจุลินทรีย์ต่าง ๆ

ข) พวกทนความร้อนจัด (BR : Boil resistant)

มีกาว melamine/urea–formaldehyde (MF/UF) กาวดังกล่าวมีความต้านทานต่อการตากแดดตากฝนแต่อาจจะทนได้ไม่นานหรือดีเท่ากาวพวก WBP

ค) พวกทนความชื้นและทนแดดทนฝนอ่อน ๆ
(MR : Moisture resistant and moderately weather resistant)

มีกาว urea–formaldehyde (UF) กาวชนิดนี้จะอยู่รอดท่ามกลางแดดและฝนเพียงสองสามปี และจะเสื่อมคุณภาพในสภาพอากาศชื้นและร้อนจัด

ง) พวกในร่ม (INT : Interior)

มีกาว urea–formaldehyde และกาว casein กาวพวกนี้ไม่ทนแดดทนฝนและไม่เหมาะสมกับสภาพภายในที่ชื้น เช่น ห้องน้ำ ด้วย

3. การเลือกกาว

กาวที่เราพิจารณาอยู่นี้ส่วนใหญ่ใช้ในงานการประกอบและการอัดไม้โครงสร้างหรือกึ่งโครงสร้าง ดังนั้น อายุใช้งานของกาวสำหรับโครงสร้างทั่ว ๆ ไป ควรจะคาดว่าต้องอยู่ถึง 50 ปี หรือมากกว่า ถึงแม้ว่าผลิตภัณฑ์กาวใหม่ ๆ ที่กล่าวมาในที่นี้ยังไม่มีประสพการณ์การใช้งานนานถึง 50 ปี อย่างไรก็ตาม คำแนะนำสำหรับกาวต่าง ๆ ที่มีอยู่ในปัจจุบันสามารถดูได้จากการทำงานของกาวชนิดคล้าย ๆ กัน ที่ใช้กันมาแล้วกว่า 20 ถึง 25 ปี ประกอบกับความรู้ในการกำหนดสูตรต่าง ๆ ของมัน ในตาราง 1 เราจำแนกกาวชนิดต่าง ๆ ที่พิจารณาแล้วว่าเหมาะสมสำหรับสภาพอากาศหนึ่ง ๆ ออกตามความสัมพันธ์กับความทนทานของมัน

ความสูงสุดต่ำสุดของสภาพอากาศ (อุปสรรคภายนอกสูงสุดและอุปสรรคภายในต่ำสุด) มีปัญหาอยู่บ้างในแง่ของการเลือกกาวที่เหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์ไม้อัดกาว สำหรับการตากแดดตากฝนอย่างเต็มที่ กาวชนิด WBP เป็นสิ่งจำเป็นมาก สำหรับสภาพภายในปกติ กาว resorcinol และ phenol–formaldehyde เหมาะสมอย่างไม่มีปัญหา แต่ในกรณีนี้ โดยทั่ว ๆ ไป การใช้กาว casein และ urea–formaldehyde ก็เป็นการเพียงพอ บ่อย ๆ กาวผสม melamine/urea–formaldehyde เป็นที่นิยมและให้ผลเป็นที่น่าพอใจ กาวผสมนี้ มีความต้านทานต่อความชื้นดีกว่ากาว urea–formaldehyde ล้วน ๆ ความจริงแล้ว สำหรับสภาพอากาศภายในที่มีความชื้นไม่มากนัก กาว urea–formaldehyde สามารถใช้ได้ดีทีเดียว

โครงสร้างไม้อัดกาวหนึ่ง ๆ อาจจะต้องผจญกับสภาพอากาศที่แตกต่างกันมาก ตั้งแต่การอยู่ในร่มที่พ้นแดดฝนและความชื้น จนถึงสภาพสูงสุดต่ำสุดของการตากแดดตากฝน การเลือกใช้กาวแต่ละชนิดจึงเป็นเรื่องลำบาก เช่น กาวชนิดหนึ่งที่มีความต้านทานจำกัดอาจจะสู้สภาพอากาศอันรุนแรงได้สำหรับอายุการใช้งานสั้น ๆ

ในกรณีที่สภาพภายในมีความชื้นมาก เช่น ในอาคารสระว่ายน้ำ และในอาคารฟาร์ม กาวชนิด WBP เท่านั้นที่ควรแก่การแนะนำให้ใช้ อย่างไรก็ตาม อาคารฟาร์มหลายหลังที่มีการปรับอากาศ และมีการระบายอากาศดีพอ สามารถถือว่าเป็นพวก "ภายใน" ได้ สำหรับกรณีหลังนี้ กาว urea–formaldehyde และกาว casein นับว่าดีพอเพียง

เท่าที่ปรากฏ กาว urea–formaldehyde บางอันที่ใช้กันเมื่อ 25 ปี ที่แล้ว เสื่อมคุณภาพหลังจากการใช้งานในร่ม 10 ปี แต่ก็เคยมีบางยี่ห้อสามารถรักษากำลังยึดเกาะเดิมของมันได้

ถึง 25 ปี การปรับปรุงในสูตรและตัวเร่งให้แข็งตัวของกาว urea-formaldehyde ที่ใช้กันในปัจจุบันทำให้ผู้ผลิตกาวทั้งหลายสามารถรับประกันในอายุการใช้งานระยะยาวของกาวชนิดนี้ ตามข้อกำหนดของมาตรฐานอังกฤษ BS 1204 : 1964 : Part 1 สำหรับงานโครงสร้าง เขาแนะนำให้ใช้ชนิด gap-filling มากกว่าการใช้ชนิด close-contact การใช้กาว caseins ควรจะให้เป็นไปตามข้อกำหนดสำหรับชนิด A ของ BS 1444 : 1970 และควรมียาฆ่าแมลงและยาฆ่าเห็ดราผสมอยู่ด้วย ในกรณีที่ต้องการให้การใช้กาวเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพสูง กล่าวคือ ให้ได้กำลังมากและมีอายุยืน ผู้ใช้ต้องปรึกษาหารือกับผู้ผลิตกาวเพื่อความแน่นอนในการเลือกชนิดของกาวให้เหมาะสมกับงาน

สิ่งที่ควรระวังอันหนึ่ง โดยเฉพาะการใช้กาว casein ในงานโครงสร้างภายใน คือ ชิ้นส่วนโครงสร้างประกอบสำเร็จภายในบางอันอาจจะต้องพบกับความสูงสุดต่ำสุดของสภาพอากาศภายนอกระหว่างระยะแรก ๆ ของการก่อสร้าง ดังนั้น การใช้กาวประเภทภายในเหล่านี้ควรจะได้รับความระมัดระวังเพื่อป้องกันชิ้นส่วนโครงสร้างอัดกาวระหว่างการประกอบ

ในกรณีที่องค์โครงสร้างภายในต้องพบกับสภาพหมุนเวียนของอุณหภูมิและความชื้น เช่น ในบริเวณช่องระบายอากาศใต้จั่วหลังคา เพื่อให้การใช้กาวเป็นชนิดเดียวกันหมดช่างก่อสร้างอาจจะใช้กาว resorcinol (RF) โดยตลอด ความจริงแล้ว กาวผสมชนิด melamine/urea-formaldehyde (MF/UF) ก็ใช้ได้ดีพอเพียงในแง่ของความทนทาน

สิ่งที่ควรกล่าวถึงอีกอันหนึ่ง คือ ไม้กระดานแผ่นอัดกาวที่ใช้บุตู้คอนเทนเนอร์บรรจุสินค้าส่งทางเรือ ไม้เหล่านี้อาจจะต้องอยู่ในสภาพอากาศต่าง ๆ บ่อย ๆ ที่มันต้องพบกับสภาพอากาศอันรุนแรง แต่เนื่องจากอายุใช้งานของมันไม่เกิน 10 ปี ดังนั้น จึงไม่มีความจำเป็นต้องใช้กาวดี ๆ เช่น ชนิด RF หรือ PF กาวชนิด MF/UF ก็พอใช้ได้ถึงแม้จะมีความทนทานน้อยกว่า

ในบางครั้ง การทาสีและการดูแลรักษาสีโครงสร้างด้วยความระมัดระวังตลอดอายุของโครงสร้าง โดยปกติจะยืดอายุของรอยต่อที่ใช้กาวชนิดทนทานน้อยได้ แต่อาจจะเป็นการเสี่ยงเพราะรอยแตกเพียงเล็กน้อยของแผ่นสีที่เคลือบอยู่อาจจะปล่อยให้น้ำซึมเข้าไปทำลายกาวในรอยต่อต่าง ๆ ได้ ดังนั้นการใช้กาวชนิดทนทานน้อยในสภาพอากาศที่รุนแรงและหวังพึ่งการป้องกันจากสีเคลือบจึงเป็นสิ่งอันตรายและไม่แนะนำ เพราะสีที่เคลือบวัสดุโครงสร้างอาจจะเกิดการชำรุดได้ง่าย ๆ ในระหว่างการใช้งาน

4. การใช้กาวกับไม้ที่มีปริมาณความชื้นสูง ๆ

ประสพการณ์ในการใช้กาวกับไม้ได้แสดงให้เห็นว่า ผลที่จะได้รับสูงสุดจากกาว

เมื่อไม้นั้นได้รับการอบแบบ kiln–dry และมีปริมาณความชื้นร้อยละ 12–15 ขณะทากาว อย่างไรก็ตาม ในบางสถานะการณ์โดยเฉพาะถ้าปริมาณความชื้นของไม้ระหว่างใช้งานสูงกว่าตัวเลขข้างบน มันจะเป็นสิ่งได้เปรียบอย่างชัดเจนในการใช้กาวกับไม้ที่มีปริมาณความชื้นสูงขึ้น เคยมีผู้ทดลองให้เห็นแล้วว่า กาวสำหรับไม้ทั่ว ๆ ไปใด ๆ สามารถใช้กับไม้อบแบบ air–dry ที่มีปริมาณความชื้นร้อยละ 18 ถึง 22 และให้รอยต่ออันเป็นที่น่าพอใจ แต่ถ้าปริมาณความชื้นสูงขึ้นไปอีก เช่น ถึงร้อยละ 26 กาวชนิด RF หรือ RF/PF เท่านั้นที่จะแนะนำให้ใช้ได้

5. การใช้กาวกับไม้อบน้ำยารักษาเนื้อไม้และน้ำยาหน่วงไฟ

ปฏิกริยาภายในระหว่างกาวกับน้ำยารักษาเนื้อไม้แปรผันตามชนิดของน้ำยาที่ใช้ น้ำยารักษาเนื้อไม้ เช่น tributyltin oxide หรือ pentachlorophenol มีผลเป็นปฏิปักษ์เพียงเล็กน้อยกับคุณภาพการยึดเกาะของกาว ไม่ว่าจะเป็นกาวชนิดใดก็ตาม แต่เมื่อมีการเพิ่มปริมาณยางเหนียว หรือตัวเติมอื่น ๆ ให้สูงขึ้นในสูตรทำกาวทั้งหลายเพื่อให้มีอำนาจการขับไล่น้ำสูง ความเสื่อมในการทำงานของกาวหลาย ๆ ชนิดจะปรากฏออกมาอย่างเห็นได้ชัด กาวชนิด RF และ RF/PF ให้ผลดีที่สุด เมื่อมีปริมาณตัวเติมสูง กาวชนิด RF และ PF กับยาฆ่าเชื้อโรคครีโอโซท หรือยาน้ำรักษาเนื้อไม้ที่มี copper/chrome/arsenate หรือ boron โดยปกติมีปฏิกริยาภายในทางเคมีน้อย ยาฆ่าเชื้อโรคครีโอโซทสามารถทำให้ประสิทธิภาพของกาวชนิด UF เสื่อมลงได้ และเมื่อลองใช้กับน้ำยาสารละลาย copper/chrome/arsenate ผลที่ได้รับเลวเช่นกัน

กาว PF, RF หรือ casein ทั่ว ๆ ไปแล้วไม่เหมาะสมสำหรับเป็นกาวใช้กับไม้อบยาหน่วงไฟสารอนินทรีย์ เพราะมันจะทำให้คุณภาพการยึดเกาะของกาวต่ำลง อย่างไรก็ตาม กาว UF โดยปกติแล้วเหมาะสมสำหรับจุดประสงค์อันนี้ มีข้อแม้ว่าถ้าไม้แห้งดีขณะที่ทำการประกอบในสถานะการณ์ที่การประกอบต้องทำให้สภาพอากาศที่มีความชื้นอย่างเป็นปฏิปักษ์ การใช้กาวผสม MF/UF สามารถให้ประโยชน์ได้เพราะกาวชนิดนี้มีอำนาจการต้านทานความชื้นสูงขึ้น

ในการใช้กาวกับไม้ที่ได้รับการอบน้ำยารักษาเนื้อไม้ หรือน้ำยาหน่วงไฟ การทำงานของกาวไม่ได้ขึ้นอยู่กับชนิดของกาวเท่านั้นแต่ขึ้นอยู่กับยี่ห้อของกาวด้วย เมื่อเป็นเช่นนี้ ผู้ใช้ควรจะปรึกษาหารือผู้ผลิตอยู่เสมอเพื่อให้เกิดความแน่ใจในการใช้ยี่ห้อที่เหมาะสมและเข้ากันได้ดีกับน้ำยาไม้ที่ใช้

6. การใช้กาวกับไม้ที่ติดกาวยาก

ไม้ส่วนใหญ่ในสภาพธรรมชาติของมันติดกาวได้ง่ายพอสมควร ไม้ชนิดเนื้อแน่นและหนักปกติติดกาวได้ยากกว่าไม้ชนิดเนื้อเบาหรือหนักปานกลาง แต่ในบางครั้งไม้ชนิดหนัก

ปานกลางก็มีปัญหาไม่น้อย ไม้ที่ติดกาวยากส่วนใหญ่เป็นไม้ชนิดที่มียางหรือน้ำมันจับอยู่ตามผิว ซึ่งกาวไม่สามารถติดได้ง่าย การใช้กาวกับไม้เหล่านี้อาจจะทำได้โดยการขจัดผิวหน้าที่เปลี่ยนยางให้แห้งสะอาด แล้วทากาวลงทันทีให้เร็วที่สุดเท่าที่จะทำได้ ทางที่ดีสำหรับการใช้กาวกับไม้ชนิดแปลก ๆ ที่คิดว่าจะมีปัญหาควรจะเสาะหาคำแนะนำจากผู้ผลิตกาวต่าง ๆ

7. กาว WBP : การขาดแคลนสารรีซอร์ซินอล

การขาดแคลนสารจำพวก resorcinol ทั่วโลก ได้สร้างปัญหาให้แก่ผู้ผลิตกาว RF ในการที่จะต้องจัดหากาวชนิดอื่นที่เหมาะสมมาแทน ผู้ใช้กาวชนิดนี้ เช่น ผู้ผลิตส่วนประกอบโครงสร้างไม้ต่าง ๆ ต้องเผชิญกับปัญหาการรับผิดชอบต่อผลิตภัณฑ์ของตนว่ามีคุณภาพเป็นไปตามข้อกำหนดของความทนทานเช่นเดียวกับผลิตภัณฑ์ที่ใช้กาว RF การขาดแคลนสาร resorcinol มิได้มีท่าทีว่าจะดีขึ้นในอนาคตอันใกล้นี้ ดังนั้น เรซิน RF ล้วน ๆ คงจะหาได้ยากขึ้น อย่างไรก็ตาม เรซิน RF/PF ที่ได้ผลิตออกมาแล้วสามารถสนองความต้องการได้เป็นอย่างดี

เรซิน PF แบบอัดเย็นได้รับการพัฒนามากพอสมควร และหาได้ไม่ยากนักในปัจจุบัน อย่างไรก็ตาม การใช้ประโยชน์ของกาวชนิดนี้แทนกาว RF จำเป็นต้องมีการเปลี่ยนแปลงบางอย่างในวิธีการผลิตและต้องมีความระมัดระวังมากขึ้นในการใช้กาว

8. การบ่มกาว

ในการบ่มกาวมีหลายวิธีด้วยกันที่ได้รับการพัฒนาขึ้นมาเพื่อการให้ความร้อนแก่รอยต่อกาวและช่วยเร่งให้กาวแข็งตัวเร็วขึ้น

วิธีการปฏิบัติง่ายที่สุดในการให้ความร้อนแก่รอยต่อกาว คือ การทำห้องความร้อนที่สามารถควบคุมอุณหภูมิและความชื้นได้ สำหรับงานเล็ก ๆ การบ่มอาจจะทำได้ในผ้าคลุมซึ่งภายในมีระบบท่อไอน้ำร้อนขดอยู่ แหล่งให้ความร้อนอื่น ๆ มีขดลวดความร้อนไฟฟ้าและหลอดความร้อนไฟฟ้า การให้ความร้อนแบบแผ่รังสีความร้อนนี้มีข้อเสียที่วิธีนี้ขาดการควบคุมความชื้น เทคโนโลยีใหม่ ๆ สำหรับการให้ความร้อนแก่รอยต่อกาวก็มีการส่งคลื่นพลังงานความถี่สูงเข้าไปในรอยต่อกาวหรือในกาวโดยตรง ข้อดีของวิธีนี้คือคุณลักษณะการให้ความร้อนที่สม่ำเสมอและรวดเร็ว

เชิญเที่ยวงาน
นิทรรศการเทคโนโลยี ครั้งที่ 2
11-17 ธันวาคม 2518

ตาราง 1 การเลือกชนิดของกาวสำหรับงานต่าง ๆ กัน

ประเภทการเผชิญ	สภาพการเผชิญ	ตัวอย่าง	ชนิดของกาวที่แนะนำ(ดูกุญแจ)	คุณสมบัติในทางใช้งาน	มาตรฐานอ้างอิงของอังกฤษ
ภายนอก					
อันตรายมาก[1]	เผชิญหน้ากับการแปรผันของอากาศอย่างเต็มที่	โครงสร้างเรือและโครงสร้างด้านนอกของอาคาร ส่วนประกอบภายนอกของโครงสร้าง หรือการประกอบส่วนของโครงสร้างที่ต้องทากาวกลางแดดกลางฝน	RF RF/PF PF (อัดเย็น)	WBP WBP WBP	BS 1204:1964: Part 1
อันตรายน้อย[2]	เผชิญหน้ากับการแปรผันของอากาศแต่ไม่ถูกแดดและถูกฝน	ภายในร่มใต้หลังคาหรือกันสาดที่เปิดโล่ง	RF;RF/PF;PF MF/UF[3]	WBP BR	BS 1204:1964: Part 1
ภายใน					
อันตรายมาก	ข้างในอาคารที่มีสภาพอากาศร้อนและชื้น ปริมาณความชื้นภายในสูงกว่า 18% และอุณหภูมิที่รอยกาวอาจสูงกว่า 50°ซ	ห้องซักรีดและห้องใต้หลังคา เป็นต้น	RF;RF/PF;PF MF/UF[3]	WBP BR	BS 1204:1964: Part 1
อันตรายน้อย	อาคารที่มีอากาศภายในอบอุ่นและมีการระบายอากาศที่ดี ปริมาณความชื้นภายในไม่เกิน 18% และอุณหภูมิที่รอยกาวต่ำกว่า 50°ซ	ภายในบ้านที่อยู่อาศัย อาคาร ห้องโถงที่มีอุณหภูมิอบอุ่นดี	RF:RF/PF;PF MF/UF[3] UF[4] Casein	WBP BR MR	BS 1204: 1964: Part 1 BS 1444:1970: (type A)
พิเศษ	บรรยากาศเสียเนื่องจากมีสารเคมีเป็นพิษปนอยู่	โครงสร้างในท้องถิ่นใกล้ ๆ กับโรงงานทำสารเคมีหรือโรงงานผลิตหม้อแบตเตอรีไฟฟ้า โรงย้อมสี สระว่ายน้ำเป็นต้น	RF;RF/PF;PF	WBP	BS 1204:1964: Part 1

กุญแจ

MF/UF	melamine/urea-formaldehyde
PF	phenol-formaldehyde
RF	resorcinol-formaldehyde
RF/PF	resorcinol/phenol-formaldehyde
UF	urea-formaldehyde

บันทึก

1. ถ้าอายุคาดกาลของโครงสร้างสั้น กล่าวคือ 10 ปี กาวชนิด MF/UF อาจจะพิจารณาว่าดีพอ
2. ทราบมาจากผู้ผลิตกาวว่า การปรับปรุงในสูตรของกาวชนิด UF ที่มีอยู่ตามท้องตลาดระหว่างนี้ทำให้กาวชนิดนี้สามารถใช้กับงานประเภทภายนอก–อันตรายน้อยได้ ในกรณีเช่นนี้ การรับประกันควรจะได้รับจากผู้ผลิตสำหรับความเหมาะสมของกาวในงานหนึ่ง ๆ
3. ข้อมูลสำหรับการใช้งานระยะยาวของกาวชนิด MF/UF (อัดเย็น) ยังมีไม่มากแต่ผู้ผลิตกาวชนิดนี้รับประกันว่าใช้ได้อย่างเหมาะสมสำหรับงานที่ได้บ่งไว้
4. ผู้ใช้ควรจะสอบถามจากผู้ผลิตกาวชนิดนี้ถึงความเหมาะสมและความทนทานก่อนการตัดสินใจใช้

เรื่องอ้างอิง

1. "Requirements and properties of adhesives for wood, "PRL Bulletin NO. 20 : 1971, London, HMSO.
2. BS 1204 : 1964, "Specification for synthetic resin adhesives, "Part 1 : Gap–filling adhesives, London, BSI.
3. "The efficiency of adhesives for wood," PRL Bulletin No. 38 : 1968, London, HMSO.
4. BS 1444 : 1970, "Cold–setting casein adhesive powders for wood," London, BSI.
5. R.A. Laidlaw and B.H. Paxton, "The effect of moisture content and wood preservatives on the assembly gluing of timber," BRE Current Paper CP 54/74.
6. "Gluing preservative–treated wood," PRL Technical Note No. 30 : 1968.

ถ้าจะใช้ แอสพัลท์ หรือ ผลิตภัณฑ์ แอสพัลท์

โปรดติดต่อ

บริษัท ผลิตภัณฑ์ยางมะตอย จำกัด

2283 ถนนเพชรบุรีตัดใหม่ กรุงเทพ ฯ

โทร. 911099 , 916139 , 917013

อภินันทนาการ

จาก

ผู้ไม่ประสงค์ออกนาม

การพัฒนาพลังงานในประเทศไทย

สมศักดิ์ จุฑานันท์
นักศึกษาภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

พลังงานและวัสดุพลังงานเป็นสิ่งจำเป็นต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ประจำวัน แหล่งที่มาของพลังงานจำแนกออกได้เป็น 2 ประเภทคือ ประเภทไม่หมดเปลือง เช่น พลังงานจากน้ำ, ลม และแสงแดด เป็นต้น กับประเภทใช้แล้วหมดไป ได้แก่ พลังงานจากวัสดุพลังงานต่าง ๆ เช่น ถ่านหิน, น้ำมันดิบ และแร่ธาตุปรมาณู เป็นต้น ดังนั้นการได้มาซึ่งพลังงานจึงเป็นกิจการที่เกี่ยวข้องกับทรัพยากรอย่างกว้างขวาง สำหรับประเทศไทยความต้องการพลังงานมีอัตราสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว การสำรวจค้นคว้าหาแหล่งต้นกำเนิดพลังงานภายในประเทศ หรือการจัดหามาจากแหล่งอื่น ตลอดจนการผลิตและการใช้พลังงานจึงเป็นเรื่องที่จะต้องพิจารณาด้วยความละเอียดรอบคอบ จำเป็นที่จะต้องมีนโยบายและโครงการที่เหมาะสม

ตัวเลขในปี พ.ศ. 2515 ประเทศไทยใช้พลังงานในรูปต่าง ๆ รวมทั้งสิ้น 80,726,000 ล้านกิโลแคลอรี่ ดังนี้คือ

1. **น้ำมันปิโตรเลียม** เป็นพลังงานที่ใช้มากที่สุด ประมาณ 69,040,000 ล้านกิโลแคลอรี่ หรือร้อยละ 85.52 ของพลังงานที่ใช้ทั้งหมด ส่วนใหญ่ใช้ไปในการอุตสาหกรรม, การผลิตไฟฟ้าและประปา, การคมนาคมและทางธุรกิจการค้า ประมาณอย่างละ 20% นอกนั้นใช้ในด้านอื่น ๆ

2. **พลังน้ำ** นำมาใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้า โดย 30% ของพลังงานไฟฟ้าทั้งหมดได้มาจากพลังน้ำ แต่เมื่อเทียบกับพลังงานทั้งหมด เราใช้พลังงานนี้เพียง 6.6% เท่านั้น

3. **ถ่านหินและโคค** นำมาใช้ในการผลิตพลังงานไฟฟ้า, อุตสาหกรรมบ่มใบยาและผลิตปุ๋ยเคมี ประมาณ 2.07% ของพลังงานทั้งหมด

4. **กากอ้อยและแกลบ** ใช้เป็นเชื้อเพลิงผลิตไอน้ำสำหรับเครื่องต้นกำลังตามโรงงานน้ำตาลและโรงสีข้าว ในปี พ.ศ. 2515 ทั่วประเทศใช้กากอ้อยและแกลบรวมกันประมาณ 2.1 ล้านตัน ประมาณ 5% ของการใช้พลังงานทั้งหมด ปัจจุบันการใช้แกลบมีแนวโน้มว่าจะลดลงเนื่องจากใช้เชื้อเพลิงประเภทอื่นสะดวกกว่า

5. ถ่านและฟืน เป็นเชื้อเพลิงหลักของคนไทยมาแต่โบราณ แต่เนื่องจากป่าไม้ของประเทศลดน้อยลงทุกวัน และมีพลังงานรูปอื่นใช้ได้สะดวกกว่า ประกอบกับราคาถ่านและฟืนสูงขึ้น การใช้พลังงานจากถ่านไม้และฟืน จึงมีปริมาณลดน้อยลงเหลือ 1% ของพลังงานทั้งหมดเท่านั้น

จะเห็นได้ว่าการใช้พลังงานของประเทศไทยในปี พ.ศ. 2505 ประมาณ 19×10^{12} กิโลแคลอรี่ เพิ่มเป็น 92×10^{12} กิโลแคลอรี่ในปี พ.ศ. 2516 เป็นอัตราการเพิ่มที่เร็วมาก คือ เพิ่มเป็น 5 เท่าในเวลา 12 ปี

แหล่งพลังงานและเชื้อเพลิงต่าง ๆ ในประเทศเท่าที่เรามีอยู่ก็มี

ก. พลังงานน้ำ ประเทศไทยมีลักษณะทางภูมิศาสตร์ที่สามารถจะพัฒนาพลังน้ำมาใช้ได้พอสมควรคือมีฝนตกประมาณ 1,000–3,000 มม. ต่อปี เพราะตั้งอยู่ในเขตที่ลมมรสุมพัดผ่าน และมีเทือกเขาป่าไม้ปกคลุม

1. ในภาคเหนือและตะวันตก ภูมิประเทศเป็นเทือกเขาสูง ฝนตกปานกลาง ลำน้ำมีความลาดชันปานกลางเหมาะสมที่จะสร้างเขื่อนขนาดสูง สามารถเก็บน้ำได้มาก แม่น้ำที่สำคัญในภาคนี้ที่เป็นแหล่งสำคัญในการผลิตพลังงาน ได้แก่ แม่น้ำปิง, แม่น้ำน่าน, และแม่น้ำแม่กลองเป็นต้น

2. ในภาคใต้และภาคตะวันออก พื้นที่เป็นเทือกเขาสูงเช่นเดียวกัน แต่ปริมาณฝนตกมากกว่า ลำน้ำสั้น และความลาดชันสูง มีพื้นที่รองรับแคบเล็ก จึงเหมาะสำหรับสร้างเขื่อนขนาดกลางมีปริมาณเก็บกักน้ำต่ำ ผลิตพลังงานไฟฟ้ามากในฤดูฝน แม่น้ำปัตตานี, แม่น้ำสายบุรี, แม่น้ำตาปี, แม่น้ำหลังสวน, ทางด้านตะวันออกมี คลองท่าด่าน, แม่น้ำใสใหญ่, คลองสะตอ และคลองประทุน

3. ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภูมิประเทศเป็นที่ราบสูง มีเทือกเขาเป็นแห่ง ๆ พื้นที่รองรับน้ำฝนกว้างใหญ่ ความลาดชันลำน้ำต่ำ ฝนตกน้อยเมื่อเทียบกับภาคอื่น ๆ เหมาะที่จะสร้างเขื่อนขนาดเล็กหรือปานกลาง แม่น้ำที่สำคัญได้แก่ น้ำมูล, น้ำชี และแม่น้ำสาขาได้แก่ น้ำพอง, น้ำพรม, น้ำพุง และลำตะเพิง

จากการสำรวจแหล่งพลังน้ำทั่วประเทศ พบว่าแหล่งพลังน้ำทั้งหมด 65 แหล่ง สามารถติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าได้ประมาณ 6,674.2 ล้านกิโลวัตต์ ผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ประมาณ 12,495.5 ล้านหน่วยคือ

ภาค	จำนวนโครงการ	ขนาดติดตั้งไฟฟ้า(KW)	พลังงานไฟฟ้า(ล้านยูนิต)
กลาง	20	4,884	7,272.5
เหนือ	23	939.7	2,625
ใต้	11	520	1,569
ตะวันออกเฉียงเหนือ	11	330.5	1,029

อย่างไรก็ตามแหล่งผลิตพลังไฟฟ้าหลายแหล่งมีราคาต้นทุนการผลิตสูงกว่าการผลิตไฟฟ้าในปัจจุบันซึ่งใช้น้ำมันเชื้อเพลิงซึ่งมีราคาต้นทุนการผลิตประมาณ 0.40 บาทต่อกิโลวัตต์–ชม. ดังนั้นแหล่งไฟฟ้าพลังน้ำหลายแหล่งอาจไม่ได้รับพิจารณาให้ก่อสร้าง ยกเว้นจะมีประโยชน์อื่น ๆ เพิ่มเติม หรือแหล่งผลิตนั้นอยู่ในเขตซึ่งไม่สามารถจ่ายไฟฟ้าจากระบบจ่ายไฟของประเทศไปให้ได้

ข. ถ่านหิน แหล่งถ่านหินในประเทศไทยมี

1. แหล่งถ่านหินแม่เมาะ จังหวัดลำปาง
2. แหล่งถ่านหินกระบี่ จังหวัดกระบี่
3. แหล่งถ่านหินลี้ จังหวัดลำพูน
4. แหล่งถ่านหินแม่ตีบ จังหวัดลำปาง
5. แหล่งถ่านหินสันป่าตอง จังหวัดเชียงใหม่
6. แหล่งถ่านหินในเขตจังหวัดตรัง, สุราษฎร์ธานีและยะลา
7. แหล่งถ่านหินในเขตจังหวัดตาก
8. แหล่งถ่านหินในเขตจังหวัดเพชรบูรณ์

ปัจจุบันมีเหมืองถ่านหินเปิดทำการแล้ว 4 แห่งที่ แม่เมาะ, กระบี่, ลี้และที่แม่ตับ ถ่านหินส่วนใหญ่เป็นลิกไนท์ใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับโรงไฟฟ้าไอน้ำที่ปากเหมือง และใช้บ้อนโรงงานปุ๋ยที่แม่เมาะ รวมปริมาณถ่านหินสำรอง ในปัจจุบันประมาณ 103 ล้านตัน ซึ่งจะให้ความร้อนได้ทั้งหมด 615×10^{12} กิโลแคลอรี่

ค. น้ำมัน แหล่งน้ำมันดิบในประเทศไทยปัจจุบันมีแห่งเดียวที่ อ. ฝาง จ. เชียงใหม่ มีปริมาณประมาณ 2,500,000 บาเรล ผลิตใช้แล้วประมาณ 500,000 บาเรล โดยบ้อนโรงกลั่นของกรมพลังงานทหารที่ อ. ฝาง ซึ่งมีกำลังผลิตวันละ 1,000 บาเรล ปัจจุบันรัฐบาลได้ให้สัมปทานในการเจาะสำรวจหาแหล่งน้ำมันโดยแบ่งออกเป็นแปลง ๆ รวม 30 แปลงคือในอ่าวไทย 19 แปลง ฝั่งทะเลตะวันตกด้านมหาสมุทรอินเดีย 9 แปลง ในภาคอีสาน 1 แปลง ซึ่งก็ได้ทำการเจาะสำรวจไปแล้ว 23 หลุม มีอยู่ 5 หลุมที่พบน้ำมันและก๊าซธรรมชาติ ทำให้

มีหวังว่าในอนาคตอันใกล้นี้ประเทศไทยจะมีโอกาสผลิตน้ำมันจากอ่าวไทยออกใช้เองได้

ง. หินน้ำมัน หินน้ำมันเป็นต้นกำเนิดของน้ำมันดิบอีกรูปหนึ่ง ในประเทศไทยมีพบที่ อ. แม่สอด จ. ตาก และที่ อ. ลี้ จ. ลำพูน จากผลการทดลองพบว่าตัวอย่างหินที่พบที่ อ. แม่สอด ชนิดดีสามารถให้น้ำมันได้ถึง 300 ลิตรต่อหินน้ำมัน 1 ตัน ส่วนชนิดเลวให้น้ำมันเพียง 30 ลิตรต่อตัน ส่วนแหล่งหินน้ำมันที่ อ. ลี้ มีคุณภาพปานกลางให้น้ำมันดิบประมาณ 90 ลิตรต่อตัน ปัจจุบันกำลังอยู่ในระหว่างการทำ, เป็นการเจาะสำรวจที่แน่นอนและตรวจสอบคุณภาพอยู่

จ. แร่พลังงานปรมาณู ตามรายงานของกรมทรัพยากรธณีในปี 2498 ได้มีการสำรวจพบว่าในขี้แร่ตามเหมืองดีบุก, วุลแฟรมมีแร่โมนาไซท์ปนอยู่ด้วย นอกจากนั้นยังมีแร่ปรมาณูอื่น ๆ ด้วยเช่นแร่ Samarskite และ Torbernite ต่อจากนั้นปี พ.ศ. 2513–2514 จึงได้มีการสำรวจหาข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับปริมาณของแร่โมนาไซท์ เนื่องจากการไฟฟ้ายันฮีได้ขอความร่วมมือในการสำรวจหาวัสดุนิวเคลียส์เพื่อนำธอเรียมมาใช้รวมกับยูเรเนียมเป็นเชื้อเพลิงในเตาปฏิกรปรมาณู จากการสำรวจพบว่ามีแร่โมนาไซท์ปนอยู่ในขี้แร่ประมาณ 3% มีความเข้มข้นของ ThO_2 ตั้งแต่ 0.1 ถึง 10% และยังพบยูเรเนียมในแร่ทองแดงที่ขอนแก่นอีก

ฉ. แหล่งพลังงานจากน้ำพุร้อนใต้พื้นดิน แหล่งน้ำพุร้อนได้ใช้ในการผลิตพลังงานไฟฟ้าครั้งแรกในโลกเมื่อ พ.ศ. 2447 แต่เพิ่งจะเริ่มมีความสำคัญในระยะหลัง ๆ ในปี 2515 ปริมาณการผลิตไฟฟ้าจากน้ำพุร้อนเป็นจำนวน 850,000 กิโลวัตต์ประมาณ 0.1% ของความต้องการพลังงานของโลก มีใช้ในประเทศนิวซีแลนด์, ญี่ปุ่น, รัสเซีย, เมกซิโก และไอซ์แลนด์ คาดว่าในปี 2527 พลังงานไฟฟ้าจากน้ำพุร้อนจะเพิ่มเป็น 1,600,000 กิโลวัตต์ แต่จะยังไม่เกิน 10% ของความต้องการพลังงานของโลก

สำหรับประเทศไทย ได้รับความช่วยเหลือตามแผนโคลัมโบซึ่งส่งผู้เชี่ยวชาญมาสำรวจแหล่งน้ำพุร้อนใต้ดินตั้งแต่ปี 2516 โดยทำการเก็บข้อมูลทางธรณีวิทยาเบื้องต้น สถิติเกี่ยวกับปริมาณและอุณหภูมิ เมื่อสำรวจเบื้องต้นเรียบร้อยแล้วก็จะดำเนินการเจาะสำรวจต่อไป แต่คาดว่าแหล่งน้ำพุร้อนเมืองไทยจะไม่ใหญ่และให้พลังงานมากนัก แต่ก็เพียงพอที่จะตั้งโรงไฟฟ้าขนาดเล็กประมาณ 1,000–5,000 กิโลวัตต์ได้

ช. ขยะมูลฝอย ขยะมูลฝอยอาจนำมาทำเป็นเชื้อเพลิงได้ ซึ่งเป็นผลพลอยได้ในการกำจัดในกรุงเทพ ฯ นี้มีพลเมืองในเขตภายในประมาณ 3.6 ล้านคน ได้มีขยะมูลฝอยเกิดขึ้นประมาณปีละ 1 ล้านตัน ในจำนวนนี้ 20% เท่านั้นที่ได้ใช้ประโยชน์โดยการแปรสภาพไป

เป็นปุ๋ยอินทรีย์นอกนั้น 80% ต้องขนไปทิ้ง ทำให้เป็นแหล่งแพร่เชื้อโรค ในต่างประเทศได้มีการนำขยะไปเป็นเชื้อเพลิงผลิตน้ำร้อนส่งไปทำความอบอุ่นตามบ้านเรือน หรือนำไปผลิตกระแสไฟฟ้าได้ ขยะในกรุงเทพ ฯ นั้นจากการวิเคราะห์ พบว่าสามารถให้ความร้อน 2,000 กิโลแคลอรี่ต่อกิโลกรัมหรือเท่ากับถ่านหินชนิดเลว สามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงได้ ดังนั้นในอนาคตประเทศไทยก็อาจได้ประโยชน์จากขยะดังกล่าว

ซ. แกลบ–ชานอ้อย–ขี้เลื่อย เป็นเชื้อเพลิงที่เป็นผลพลอยได้มาจากการสีข้าวการผลิตน้ำตาล และการแปรไม้ก็นับได้ว่าเป็นแหล่งเชื้อเพลิงของประเทศประเภทหนึ่ง ที่ยังคงมีใช้กันอยู่ ตามโรงงานน้ำตาล และโรงสีขนาดใหญ่ ซึ่งการใช้จำกัดอยู่เฉพาะโรงงานที่ผลิตได้ก็เพราะมีปัญหาในการผลิตที่ต้องเสียค่าใช้จ่ายสูงไม่คุ้มค่าทางเศรษฐกิจ และยุ่งยากมาก สำหรับค่าความร้อนที่ได้จากวัตถุเหล่านี้คือ

แกลบ	2,900	กิโลแคลอรี่ กิโลกรัม
ชานอ้อย	1,900	,, ,,
ขี้เลื่อย	4,000	,, ,,

ไม้ ฟืนและถ่าน ปัจจุบันเชื้อเพลิงจากฟืนและถ่านลดความสำคัญลงไป เพราะป่าไม้ถูกทำลายไปมาก ทำให้ฟืนและถ่านหายากและราคาแพง ประกอบกับมีเชื้อเพลิงรูปอื่น เช่น น้ำมัน–แกสซึ่งแม้ราคาแพงกว่า แต่ก็สะดวกกว่าในการใช้ ถ่านและฟืนให้ค่าความร้อนดังนี้คือ

ถ่าน	5,900	กิโลแคลอรี่ ต่อ กิโลกรัม
ฟืน	3,300	,, ,,

ความต้องการพลังงานในอนาคต ในช่วง 10 ปี ที่ผ่านมาจาก 2507–2517 อัตราการเพิ่มเฉลี่ยของความต้องการพลังงานปีละ 14.8% นับเป็นอัตราที่สูงมาก และการเพิ่มดังกล่าว ใน 11 ปี ข้างหน้าคาดว่าจะอยู่ในช่วง 9–10% ซึ่งการพยากรณ์นี้ อาศัยความสัมพันธ์กับรายได้ประชาชาติและเปรียบเทียบอาศัยแนวทางการเพิ่มของความต้องการในประเทศอื่น ที่มีสภาวะคล้ายคลึงกับประเทศไทย ผลจากการพยากรณ์ในระยะ 10 ปีข้างหน้า จะเห็นว่าโครงสร้างของการใช้เชื้อเพลิงพลังงานจะมีผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมเป็นหลักใหญ่อยู่เสมอ ประมาณ 80% ของพลังงานทั้งหมด การใช้พลังงานน้ำจะรักษาระดับ 8.4% ของพลังงานทั้งหมดอยู่ต่อไป เนื่องจากโครงการพลังน้ำจะต้องใช้เวลาพัฒนาต่อโครงการประมาณ 6 ปีเป็นอย่างน้อย สำหรับการใช้ถ่านหินคาดว่าจะมีอัตราเพิ่มขึ้นมาก เพราะน้ำมันเตาราคาสูงขึ้นถึงตันละ 1,500 บาท แต่ถ่านหินราคาประมาณตันละ 270–308 บาท ซึ่งถ้าหากเทียบค่าความร้อนแล้ว ถ่านหิน

จากแม่เมาะ 3 ตัน จะเท่ากับน้ำมันเตา 1 ตัน หรือถ่านหินจากลี้ (อยู่ในลำพูน) 1.5 ตันจะเท่ากับน้ำมันเตา 1 ตัน ดังนั้นราคาถ่านหินเมื่อเทียบกับน้ำมันเตา 1 ตัน จะมีราคาประมาณ 462–810 บาทเท่านั้น ในระยะ 10 ปีที่ผ่านมา การใช้ถ่านหินเป็น 2.2% ของพลังงานทั้งหมด ในระยะ 10 ปีข้างหน้าคาดว่าจะเพิ่มเป็นประมาณ 10% ส่วน ฟืน–ถ่าน–แกลบ–ชาน อ้อยความสำคัญก็จะลดลงในอนาคต

การจัดหาเชื้อเพลิง เพื่อตอบสนองความต้องการของประเทศ ภายใต้สมมุติฐานว่าเรายังไม่สามารถผลิตน้ำมันจากอ่าวไทยได้ และยังไม่สามารถใช้พลังงานธรรมชาติคือพลังงานลมพลังงานแสงแดด และความร้อนที่ระอุอยู่ใต้พื้นโลกได้ ประเทศไทยก็จะต้องอาศัยเชื้อเพลิงจากต่างประเทศระหว่างปี 2518–2526 ประมาณ 83.42% และปี 2626–2528 ประมาณ 80% แต่ถ้าหากเราสามารถใช้น้ำมันจากอ่าวไทยได้ใน พ.ศ. 2523 และสามารถกลั่นน้ำมันจากหินน้ำมันได้ใน พ.ศ. 2526 แล้ว ความต้องการเชื้อเพลิงจากต่างประเทศก็จะเปลี่ยนไปเป็น

พ.ศ. 2518–2521	84.35%
,, 2521–2523	84.00%
,, 2523–2526	54.88%
,, 2526–2528	53.27%

แต่ในการวางแผนงานจะต้องยึดหลักความปลอดภัยเอาไว้ก่อนโครงงานที่ยังไม่แน่นอนก็จะยังไม่นำมาคิด ดังนั้นความต้องการพลังงานในอนาคต ก็อาจจัดหาได้ดังนี้

1. **น้ำมัน** ปัจจุบันโรงกลั่นของไทย 4 โรง มีกำลังผลิต

1.	โรงกลั่นน้ำมันไทย	65,000	บาเรล	ต่อวัน
2.	,, เอสโซ่	30,000	,,	,,
3.	,, ซัมมิท	65,000	,,	,,
4.	,, ฝาง	1,000	,,	,,
	รวม	161,000	,,	,,

2. **พลังงานน้ำ** ในระยะ 10 ปี ข้างหน้า พ.ศ. 2518–2528 แผนงานพัฒนาโครงงานไฟฟ้าพลังน้ำของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตมี

1.	เมือง บัตตานี	กำลังผลิต	60,000 กิโลวัตต์
2.	,, แควน้อย	,,	420,000 ,,
3.	,, แควใหญ่	,,	360,000 ,,
4.	เขื่อนไฟฟ้าในโครงการภาคใต้	,,	135,000 ,,
		รวม	975,000 ,,

3. ถ่านหิน มีโครงการใช้ถ่านหินระหว่างปี 2518–2528 เพื่อผลิตไฟฟ้า และเป็นเชื้อเพลิงทดแทนแก่การอุตสาหกรรม ดังนี้คือ

ก. แหล่งถ่านหินแม่เมาะ สร้างโรงไฟฟ้าไอน้ำขนาด 2×75,100 กิโลวัตต์ใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงจะแล้วเสร็จในปี 2521 จะใช้ถ่านหินปีละ 1 ล้านตัน ประหยัดน้ำมันเตาได้ปีละ 200 ล้านลิตร และกำลังสำรวจปริมาณสำรวจเพิ่มเติม ถ้าหากผลเป็นไปด้วยดี ก็สามารถขยายโรงไฟฟ้าไอน้ำใหญ่กว่าเดิมเป็น 150–200 เมกกะวัตต์การใช้ถ่านหินก็จะเพิ่มเป็น 2 ล้านตัน

ข. แหล่งถ่านหินลี้ ในปี 2517 ได้ผลิตถ่านหินจากแหล่งนี้ไปเพื่อการอุตสาหกรรม 35,000 ตัน และ 55,000 ตันในปี 2514 คาดว่าในปี 2519–2522 ปริมาณจะเพิ่มขึ้นเป็น 100,000 ตันต่อปี ซึ่งขณะนี้กำลังทำการศึกษาเพื่อเสนอแนะต่อทางรัฐบาลในการใช้แหล่งถ่านหินนี้ คาดว่าถ้าสามารถผลิตเพื่อการอุตสาหกรรมอย่างเต็มที่แล้ว เริ่มต้นในปี 2523 สามารถผลิตถ่านหินจากแหล่งนี้ได้ประมาณปีละ 300,000 ตัน และคงระดับนี้ไปเรื่อย ๆ เนื่องจากมีปริมาณ สำรองเพียง 23 ล้านตัน

ค. แหล่งถ่านหินกระบี่ ปัจจุบันใช้ถ่านหินจากแหล่งนี้ประมาณปีละ 240,000 ตันเพื่อป้อนโรงไฟฟ้าที่ปากเหมือง คาดว่าจะสามารถผลิตถ่านหินได้ประมาณ 5–6 ล้านตันจากปริมาณสำรอง 10 ล้านตันเท่านั้น แต่อย่างไรก็ดีถ้าน้ำมันมีราคาสูงขึ้น สามารถผลิตถ่านหินในราคาสูงขึ้นได้ ก็สามารถขุดถ่านหินขึ้นมาใช้เพิ่มเติมได้อีก และปัจจุบันกำลังสำรวจหาถ่านหินเพิ่มขึ้น ถ้าพบว่าจะสามารถขยายกำลังผลิตไฟฟ้าเพิ่มขึ้นได้อีก

ส่วนแหล่งถ่านหินอื่นๆยังอยู่ในระหว่างการสำรวจเพื่อหาปริมาณสำรองที่แน่นอน

4. พลังงานปรมาณู การไฟฟ้าฝ่ายผลิต มีโครงการสร้างโรงไฟฟ้าปรมาณูเสร็จในปี 2525 ผลิตไฟฟ้าได้ปีละ 54,204.8 ล้าน กิโลวัตต์ชั่วโมง ซึ่งจะแทนน้ำมันเตาได้ปีละ 1,100.58 ล้านลิตร ค่าเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้าปรมาณูประมาณ 8.18 สตางค์ต่อยูนิต ถูกกว่าของโรงไฟฟ้าแบบใช้น้ำมันเป็นเชื้อเพลิง ซึ่งตกยูนิตละ 30 สตางค์

นโยบายของรัฐ และมาตรการในด้านพลังงาน

เนื่องจากพลังงานและเชื้อเพลิงมีความสำคัญต่อความมั่นคงของชาติ เป็นปัจจัยสำคัญในการพัฒนาประเทศ ทั้งทางด้านอุตสาหกรรม การขนส่ง การเกษตร และธุรกิจการค้าต่าง ๆ ดังนั้นรัฐจึงควรเข้าทำการควบคุมธุรกิจเกี่ยวกับพลังงาน และเชื้อเพลิงอย่างใกล้ชิด

สำหรับประเทศไทยนั้น เรามีปัญหาใหญ่ ๆ ทางด้านพลังงานคือ

1. เราใช้พลังงานส่วนใหญ่ ในรูปผลิตภัณฑ์น้ำมัน ซึ่งต้องซื้อจากต่างประเทศ ทำให้เกิดปัญหาความไม่มั่นคงในการผลิต และสิ้นเปลืองเงินตราต่างประเทศมาก

2. การผลิตและการใช้พลังงานมาหนาแน่นอยู่ในกรุงเทพฯ ทำให้เกิดปัญหาทางสังคม เศรษฐกิจ และสภาพแวดล้อม

3. ยังไม่ได้พัฒนาแหล่งพลังงานในประเทศให้มากเพียงพอและเร็วทันท่วงที ให้เป็นประโยชน์และอยู่ในวิสัยที่ทำได้

4. เราไม่สามารถควบคุมอุตสาหกรรมน้ำมัน ให้สอดคล้องกับนโยบายของรัฐบาลได้

ดังนั้นเราจึงควรมีนโยบาย ที่สามารถแก้ไขปัญหาเหล่านี้ได้คือ

1. ต้องดำเนินการผลิตหรือจัดหาพลังงานให้เพียงพอแก่ความต้องการของประเทศทั้งในยามสงบและฉุกเฉิน

2. ต้องควบคุมราคาจำหน่ายพลังงานให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม

3. ควรพัฒนาและใช้พลังงานเชื้อเพลิงที่มีอยู่ในประเทศ มากกว่าที่จะนำเข้าจากต่างประเทศ เพื่อความปลอดภัยในยามฉุกเฉิน และสงวนเงินตราต่างประเทศ

4. รัฐพึงควบคุมการผลิต ส่ง และการใช้พลังงานและเชื้อเพลิงไปในทางที่ประหยัดและเป็นประโยชน์มากที่สุด เพื่อให้การใช้พลังงานเป็นประโยชน์แก่ประเทศชาติมากที่สุด ซึ่งอาจต้องใช้มาตรการบังคับทางตรงหรือทางอ้อม

5. รัฐควรส่งเสริมการสำรวจเพื่อขยายแหล่งผลิตพลังงานภายในประเทศ และส่งเสริมการวิจัยในการประหยัดพลังงานและการใช้พลังงานรูปใหม่

6. รัฐพึงกระจายอุตสาหกรรมและแหล่งผลิตพลังงานออกไปยังภูมิภาค โดยมีมาตรการส่งเสริมที่ถูกต้องตามหลักเศรษฐกิจ และสอดคล้องกับแผนการพัฒนาประเทศ

7. รัฐควรมีมาตรการในการควบคุมและตรวจสอบ การดำเนินธุรกิจพลังงานทุกประเภทอย่างใกล้ชิด เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลที่ถูกต้องอย่างแท้จริง เพื่อกำหนดนโยบายทางด้านพลังงาน ซึ่งมาตรการในระยะต่อไป รัฐควรเข้าไปดำเนินกิจการน้ำมันในอัตราส่วนที่สมควรแก่ความต้องการของประเทศ อันจะทำให้มีเสถียรภาพทางเศรษฐกิจ และความมั่นคงของประเทศทั้งในยามสงบและฉุกเฉิน

8. ดำเนินนโยบายเกี่ยวกับกิจการพลังงาน ให้สอดคล้องกับเป้าหมายพัฒนาเศรษฐกิจ

พลังงานในอนาคต เนื่องจากพลังงานธรรมชาติเท่าที่มีอยู่ในปัจจุบันจะค่อย ๆ หมดไปในอนาคต ดังนั้นจึงมีการค้นคว้าหาพลังงานรูปใหม่ ซึ่งมีปริมาณที่ไม่รู้จักหมดสิ้น และสะอาดมาใช้กัน ได้แก่

1. **พลังงานจากลม** จากสถิติพบว่า กังหันลมจะทำงาน 40% ของช่วงเวลาบน

บก และ 50–80% ของช่วงเวลาถ้าตั้งอยู่ในทะเล ซึ่งกังหันลมนี้จะเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง เพื่อนำไปใช้แยกน้ำเป็นออกซิเจนและไฮโดรเจน จากนั้นก็จะนำไฮโดรเจนไปบ่อนเซลเชื้อเพลิงเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า และในระยะไม่มีลม ไฮโดรเจนที่ผลิตได้ก็จะระบายออกมาเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าอย่างสม่ำเสมอ จากการศึกษาเบื้องต้นพบว่าต้นทุนการผลิตประมาณ 65.4 สต./กิโลวัตต์–ชม. ซึ่งถ้าพัฒนาต่อไปอาจจะลดลงเหลือ 34 สต./กิโลวัตต์–ชม.

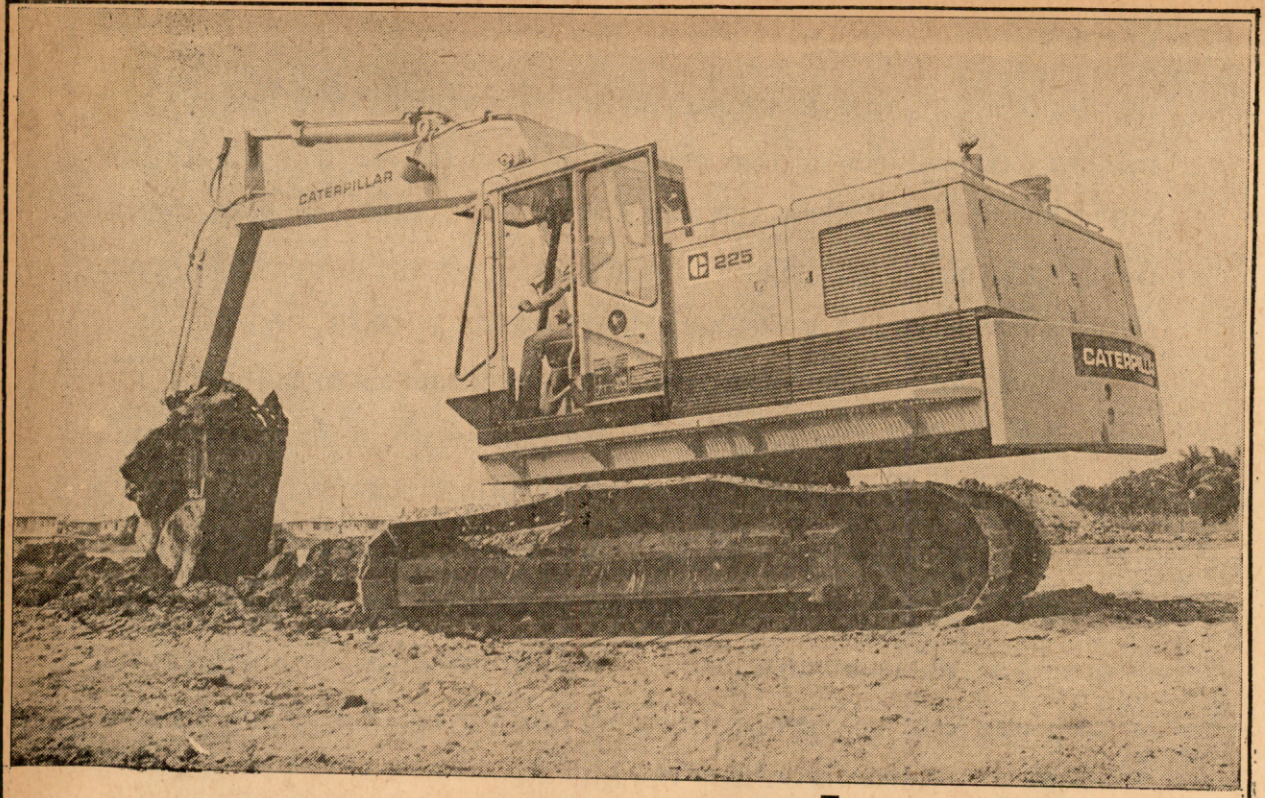
2. **พลังงานจากน้ำทะเล** โดยอาศัยน้ำทะเลอุณหภูมิสูงประมาณ 77°–80°F ที่ผิวมาถ่ายเทความร้อนให้กับ แอมโมเนีย ซึ่งมีจุดเดือดต่ำให้กลายเป็นไอ เพื่อใช้ไอนี้ไปเป็นกังหันผลิตกระแสไฟฟ้า เมื่อไอผ่านกังหันแล้ว จะทำให้เย็นโดยสูบน้ำทะเลจากทะเลในระดับลึก 8.50 ม. อุณหภูมิประมาณ 45°–48° F หมุนเวียนไปเรื่อย ๆ ซึ่งระบบนี้คาดว่าจะสามารถติดตั้งเครื่องขนาด 25,000 กิโลวัตต์ โดยค่าลงทุนประมาณ 11,000–16,000 บาทต่อกิโลวัตต์

3. **พลังงานจากแสงอาทิตย์** อาจรับความร้อนได้โดยอาศัยแผงรับความร้อนหรือใช้ Solar cell ซึ่งกำลังทำการทดลองกันอยู่ในต่างประเทศ ซึ่งควรจะติดตามข้อมูลมาศึกษาเพื่อหาลู่ทางมาทดลองใช้ในประเทศไทยต่อไป

การพัฒนาพลังงานกับสภาพแวดล้อม การพัฒนาพลังงานย่อมมีส่วนเกี่ยวข้องกับสภาพแวดล้อม เพราะจะต้องมีส่วนเปลี่ยนแปลง และกระทบกระเทือน ถึงสภาวะเดิมอย่างแน่นอน ดังนั้นการพัฒนาพลังงานจึงจำเป็นจะต้องดำเนินการโดยรอบคอบ และมีมาตรการในการควบคุมรักษาสภาพแวดล้อมกันอย่างจริงจัง เพื่อ พิจารณาเปรียบเทียบ ส่วนดี–ส่วนเสีย ว่าอย่างไหนมากน้อยเพียงไร คิดคำนึงถึงความเสียหายที่จะเกิดขึ้น และปัญหาทางเศรษฐกิจไปพร้อม ๆ กัน เพื่อให้เกิดประโยชน์ และรักษาผลประโยชน์ส่วนใหญ่ของประเทศชาติเอาไว้ให้มากที่สุด

สรุป *กิจการพลังงานของประเทศ เป็นกิจการที่กว้างขวาง เพราะมีความสำคัญเกี่ยวกันอย่างใกล้ชิดกับความเป็นอยู่ของประชาชน ยุทธศาสตร์ การเมือง และความมั่นคงของประเทศ เมื่อเปรียบเทียบการใช้พลังงานของประเทศไทย กับประเทศทางยุโรปแล้ว ก็จะพบว่าการพัฒนาเศรษฐกิจ จะต้องใช้พลังงานเพิ่มขึ้นอีกหลายสิบเท่า ดังนั้น การวางแผนพัฒนาพลังงานในอนาคต ถึงเป็นเรื่องสมควรจะได้รับความสนใจอย่างยิ่งในระดับผู้บริหารงานของประเทศ นักศึกษาและประชาชนทั่วไป ซึ่งจะต้องมองเห็นเหตุการณ์ในอนาคตข้างหน้า*

สรุปจากคำบรรยายของ **นายประพัทธ์ เปรมมณี** กองสำรวจและวางแผน สนว. พลังงานแห่งชาติ เรื่องการพัฒนาพลังงานในประเทศไทย บรรยายแก่ นศ. อักษรศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร เมื่อ 23 มกราคม 2518



รถขุด แคตเตอร์พิลล่าร์ 225 ให้งานเกินค่าของเงิน

รถขุดแคต 225 ประกอบด้วยพลังสูงของเครื่องยนต์ดีเซล 3208, 125 แรงม้า และระบบส่งกำลังเป็นแบบไฮดรอลิค ที่ไม่ต้องใช้เกียร์สามารถทำงานขุด, ตัก ให้ท่านได้ทุกชนิดอย่างแคล่วคล่องว่องไว โดยที่ท่านไม่ต้องเป็นห่วงเรื่องดูแลรักษาเพราะใช้ระบบหล่อลื่นในตัว นอกจากนี้แล้วส่วนประกอบต่าง ๆ ของรถขุด 225 ยังมีความแข็งแกร่งทนทาน และมีประสิทธิภาพในการทำงานสูง ซึ่งท่านจะต้องยอมรับว่า รถขุด 225 ให้งานเกินค่าของเงิน ติดต่อสอบถามได้ที่ . . . . .

YOUR CATERPILLAR DEALER

IEC

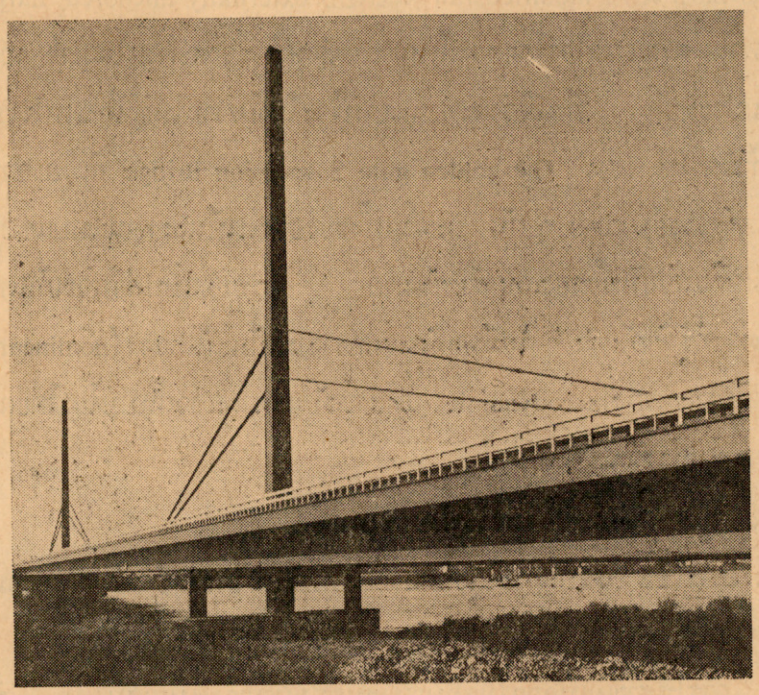
บริษัท อินเตอร์แนชั่นเนิล เอนจีเนียริง จำกัด

614 ถนน สุขุมวิท ตู้ ป.ณ. 39 กรุงเทพมหานคร โทร 910722

Caterpillar, Cat and ⊞ are Trademarks of Caterpillar Tractor Co.

โครงงานสะพานแขวนแบบโยงโดยตรง
(Cable-Stayed Girder Bridges)

ธเนศ อยู่ในศีล
ประพัธน์ ประดิษฐ์ทัศนีย์
สมิทธ์ ธุระตา
สถิตพงศ์ มุ่งเพียรมั่น
อาจารย์ที่ปรึกษา ดร. นระ คมนามูล



รูปที่ 1 Nordereble Bridge ที่เมือง Hamburg ประเทศเยอรมัน

1. บทนำ

รูปใหม่ของสะพานขนาดใหญ่ที่เพิ่งได้รับการพัฒนาเมื่อไม่ช้าไม่นานมานี้ คือ สะพานแขวนแบบโยงโดยตรง (Cable-stayed girder bridge) ลักษณะแปลกของมัน คือ การรองรับตัวสะพาน (main girder) ประกอบด้วยตอม่อรับแรงแนวนอน (abutments) และตอม่อรับน้ำหนักแนวดิ่ง (piers) นอกจากนี้ยังมีระบบสายเคเบิลเส้นตรงยึดตัวสะพาน (main span) โดยโยงจากเสาสูงขนาดใหญ่ ซึ่งอาจจะมี 1 เสาหรือ 2 เสาก็ได้ และสะพานแบบนี้ได้รับการพัฒนาอย่างจริงจังเป็นครั้งแรกในประเทศเยอรมันตะวันตก หลังสงครามโลกครั้งที่ 2 เล็กน้อย ระหว่างปี พ.ศ. 2498–2512 มีสะพานในลักษณะนี้อย่างน้อย ๆ 9 สะพานที่สร้างขึ้น

ในประเทศเยอรมันตะวันตก แต่ละแห่งก็ล้วนแต่มีชื่อเสียงและความประทับใจอยู่ในตัวมัน เช่น Knie Bridge และ North Bridge ที่เมือง Dusseldorf, Severin Bridge ที่เมือง Cologne และ Rhine Bridge Rees เป็นต้น นอกจากนี้สะพานแบบนี้ยังได้รับความนิยมในประเทศอื่น ๆ อีก เช่น ประเทศอังกฤษ ประเทศฝรั่งเศส ประเทศญี่ปุ่น ประเทศแคนาดา ประเทศเวเนซุเอลา และประเทศออสเตรเลีย

สะพานประเภทนี้เท่าที่สร้างกันมามีรูปร่างดัดแปลงออกไปในรูปต่าง ๆ เป็นลักษณะแบบ fan แบบ harp แบบ modified fan และแบบ externally anchored harp ดังแสดงในรูปที่ 2 สะพานแขวนแบบโยงโดยตรงนี้เหมาะสมสำหรับช่วงสะพานในระยะ 105–350 เมตร ในแง่ของความประหยัด ถึงแม้ว่าสะพานแบบนี้จะไม่มีความใหญ่โตมโหฬารเหมือนอย่างสะพานแขวนทั่ว ๆ ไป เช่น The golden gate Suspension Bridge ที่เมืองซานฟรานซิสโก แต่มันมีความมหัศจรรย์มากพอ ๆ กัน สะพานทั้งสองอาจจะเป็นสะพานแบบแขวนด้วยกันทั้งคู่ แต่ในแง่คุณสมบัติแล้วมันทั้งสองแตกต่างกันมาก การออกแบบคำนวณก็แตกต่างกันด้วย สะพานแขวนอย่างที่รู้จักกันทั่ว ๆ ไปมีพฤติกรรมอย่างไม่เป็นเส้นตรง (nonlinear behaviour) และไม่สู้จะมีเสถียรภาพทาง aerodynamic แต่สำหรับสะพานแขวนแบบโยงโดยตรงนี้ ยังไม่ปรากฏว่ามีปัญหารุนแรงในเรื่องเหล่านี้

2. คุณลักษณะของสะพานประเภทนี้

1. การใช้สายเคเบิลกำลังสูงรับแรงดึงในระบบโครงสร้างนำไปสู่ความประหยัดในวัสดุ น้ำหนัก และราคา

2. การให้สายเคเบิลอยู่ในลักษณะเส้นตรงแทนที่จะเป็นเส้นโค้ง มีผลให้ระบบโครงสร้างมีความแข็งกระด้าง (stiffness) สูงขึ้นและปัญหา nonlinearity มีน้อยลง

3. การยึดสายเคเบิลเข้ากับตัวสะพาน (deck) ทำให้เกิดแรงอัดในตัวสะพาน สำหรับการออกแบบที่ประหยัด ผิวบนของตัวสะพานต้องมีส่วนเข้าร่วมในการรับแรงเหล่านี้ ในโครงสร้างคอนกรีต แรงตามแนวแกนนี้เป็นเสมือนการอัดแรงในตัวคาน

4. การเลือกแบบของโครงสร้างมีขอบเขตกว้าง

5. สายเคเบิลทั้งหมดแต่ละเส้นโดยปกติทำด้วยเส้นลวดขนาดเล็กหลาย ๆ เส้นรวมกัน พร้อมกับเครื่องประกอบที่ปลายสุดอย่างครบชุด ยึดมาก่อน แต่ไม่พ้น วิธีการติดตั้งสายเคเบิลแตกต่างจากการติดตั้งสายเคเบิลของสะพานแขวนทั่ว ๆ ไป

6. เมื่อเปรียบเทียบกับสะพานแขวน (stiffened suspension bridge) สะพานแบบ

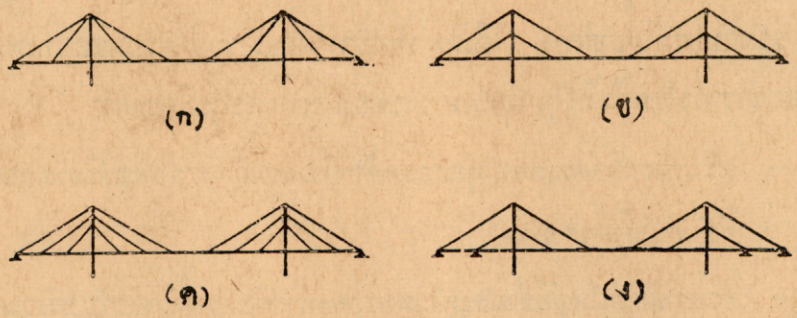
นี้มีประสิทธิภาพในการรับน้ำหนักตัวมันเองน้อยกว่า แต่มีประสิทธิภาพในการรับน้ำหนักจรดีกว่าด้วยเหตุผลอันนี้สะพานแบบนี้จึงไม่สู้ประหยัดนักสำหรับสะพานช่วงยาวมาก ๆ

7. สายเคเบิลทั้งหมดอาจจะจัดให้อยู่ในระนาบเดียวกันตามแนวยาวของเส้นแบ่งครึ่งตัวสะพานก็ได้ ซึ่งทำให้ได้ใช้ประโยชน์ของกำลังบิด (torsion capacity) ในระบบคานของตัวสะพานที่เป็นแบบท่อ (tubular girder system) และช่วยลดจำนวนเสาลง นอกจากนี้ยังทำให้รูปร่างของโครงสร้างดูง่ายขึ้น และขจัดการกีดขวางของสายเคเบิลบนสะพาน

8. ในระบบสายเคเบิลแบบนี้ มักมีระบบแม่แรงติดตั้งไว้ตามจุดที่เหมาะสม เช่น ที่แท่นยึดสายเคเบิล หรือ ที่ยอดของเสาสูง ทั้งนี้เพื่อประโยชน์ในการปรับความสั้นยาว หรือแก้ข้อผิดพลาดในความยาวของสายเคเบิล หรือ เพิ่มการเปลี่ยนแปรค่าพิกัดแห่งความยืดหยุ่น (elastic modulus) หรือในกรณีที่มีการคืบตัว (creep) ในสายเคเบิล แม่แรงนี้อาจใช้เพื่อการดัดแปลงการกระจายความเค้นเนื่องจากน้ำหนักตัวมันเอง ตัวอย่างเช่น การดึงสะพานช่วงกลางขึ้น

9. การใช้ระบบสายเคเบิลโยงเช่นนี้สามารถช่วยงานติดตั้งตัวสะพานได้

10. ความไม่มีเสถียรภาพทาง aerodynamic ยังไม่ปรากฏว่าเป็นปัญหาใหญ่ในสะพานแบบนี้



รูปที่ 2 ลักษณะแบบต่าง ๆ ของสะพานประเภทนี้

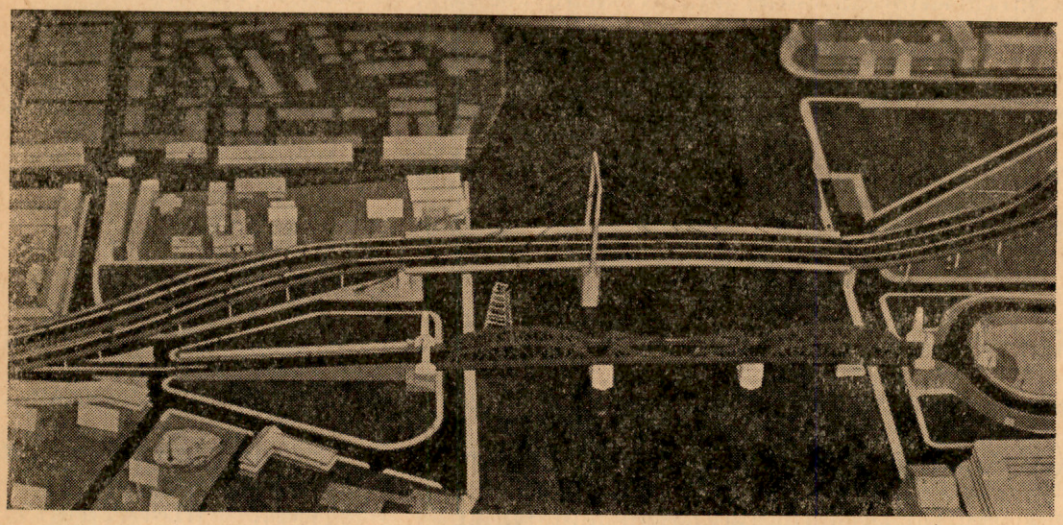
(ก) Fan สายเคเบิลไปรวมกันที่จุดยอดของเสาสูง

(ข) Harp สายเคเบิลขนานกันเป็นชั้น ๆ

(ค) Modified fan สายเคเบิลจะแยกออกจากกันที่เสาสูง และมีลักษณะกึ่ง fan และ harp

(ง) Externally anchored harp มีตอม่อรับตัวสะพานตรงจุดโยงของสายเคเบิลกับตัวสะพานบริเวณทางลาดขึ้นของสะพาน

3. จุดประสงค์ของงานที่ทำขึ้น



ตามโครงการสร้างสะพานเพิ่มเติมบริเวณสะพานพุทธยอดฟ้า ฯ ของกรมโยธาธิการนั้น *จะสร้างสะพานใหม่ขนานกับสะพานพุทธยอดฟ้า ฯ โดยที่สะพานใหม่จะสร้างเหมือนสะพานพระปิ่นเกล้า* เหตุที่ต้องสร้างสะพานเพิ่มเติมนั้น เพราะสะพานพุทธยอดฟ้า ฯ ไม่สามารถรับปริมาณจราจรในสภาพปัจจุบันได้ จากการสำรวจของคณะผู้เชี่ยวชาญของประเทศอังกฤษ และเยอรมัน ร่วมกับกรมโยธาธิการ ถึงสภาพการจราจรบริเวณโดยรอบสะพานพุทธยอดฟ้า ฯ และ สภาพการจราจรโดยทั่วไปในกรุงเทพ ฯ เขตอื่น ๆ พอสรุปโดยย่อว่า

- *ปริมาณรถที่ข้ามสะพานพุทธยอดฟ้าฯมีจำนวนถึง 47% ของปริมาณยวดยานทั้งหมดที่ข้ามแม่น้ำทุกสะพาน*
- *ยวดยานส่วนใหญ่ที่ข้ามสะพานพุทธยอดฟ้าฯต้องการติดต่อกับบริเวณรอบสะพานเท่านั้น เนื่องจากเป็นย่านธุรกิจ*
- *ปริมาณ รถที่สะพานพุทธยอดฟ้า ฯ จะรับได้โดยไม่เกิดอันตรายประมาณ 110,000 คัน (ซึ่งในปี พ.ศ. 2518 นี้ก็มีปริมาณถึง 110,000 คันแล้ว) ซึ่งปริมาณรถที่ผ่านถนนโดยรอบจะมีถึง 150,000 คันต่อวัน จะเห็นว่าปริมาณที่เหลือจะต้องเปลี่ยนเส้นทางเดินโดยไปใช้สะพานอื่น ซึ่งเป็นการเพิ่มระยะทางและก่อให้เกิดความสูญเสียทางด้านเศรษฐกิจอย่างมาก*
- *สภาพโครงสร้างของตัวสะพานพุทธยอดฟ้า ฯ ทรุดโทรมมาก ไม่ปลอดภัย*

– *จากผลการวิเคราะห์ ค่าสุทธิในปีจุบัน (Net Present Value) โดยคิดปี พ.ศ. 2520 เนื่องจากการสูญเสียทางด้านจราจรภายใน 20 ปี หลังจากสร้างสะพานใหม่ และค่าลงทุนในการก่อสร้างสะพานใหม่จะได้อัตราส่วนกำไรต่อการลงทุน (Benefit–cost ratio) เท่ากับ 10.8 และอัตราตอบแทนที่ได้กลับคืนประมาณ63%*

จากข้อมูลดังกล่าวประกอบกับเหตุผลทางด้านเศรษฐกิจ จะเห็นว่าสมควรที่จะสร้างสะพานขึ้นอีกในบริเวณข้างเคียงสะพานพุทธยอดฟ้า ฯ เพื่อรับปริมาณจราจรที่จะเพิ่มขึ้นในอนาคต

ทางกรมโยธาธิการจึงได้วางโครงการ และออกแบบสะพานข้ามแม่น้ำแบบคอนกรีตอัดแรง 6 เลนขึ้น ซึ่งจะทำการปรับปรุงถนนโดยรอบบริเวณนั้นด้วย และสะพานใหม่นี้จะสามารถรับปริมาณจราจรได้ถึง 700,000 คันต่อวัน (ในปี พ.ศ. 2540) คาดว่าจะเสียค่าก่อสร้างประมาณ 180 ล้านบาท)

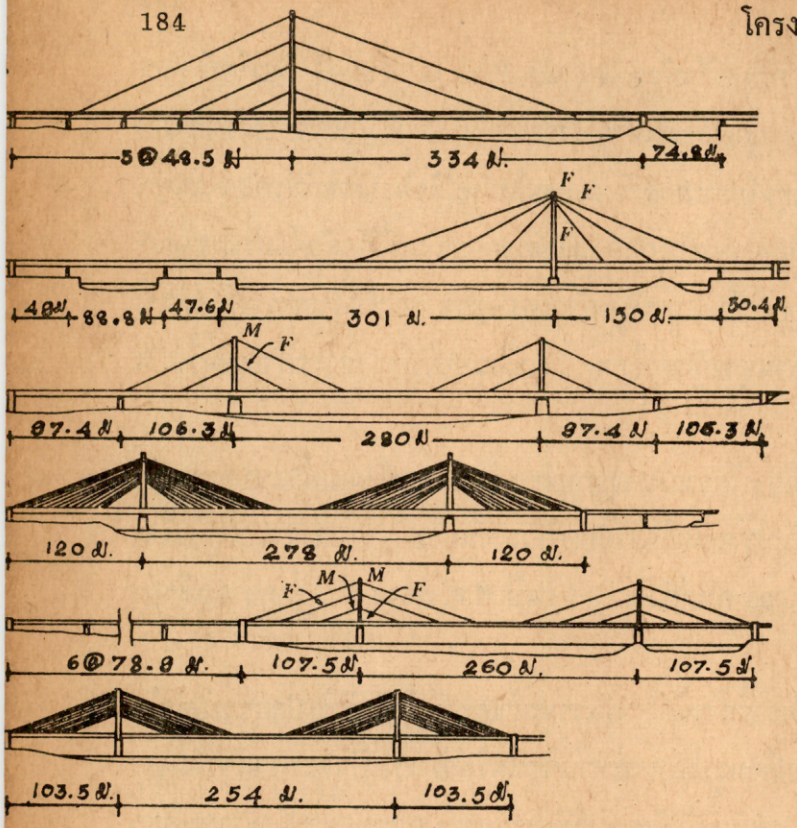
จากโครงการของกรมโยธาธิการนี้ ถ้าเราจะนำเอาเทคโนโลยีที่แปลกตาแปลกใจมาพัฒนาในประเทศไทยบ้าง โดยเปลี่ยนรูปแบบสะพานคอนกรีตอัดแรงเป็นสะพานแขวนแบบโยงโดยตรง ในที่นี้เราได้ทำการค้นคว้าเกี่ยวกับวิธีการก่อสร้างและวิเคราะห์อย่างละเอียดสำหรับสะพานแบบนี้ แต่มิได้เจตนาจะเปรียบเทียบข้อดีข้อเสียระหว่างสะพานแขวนแบบโยงโดยตรงกับสะพานที่กรมโยธาธิการจะสร้างขึ้น เรื่องนี้จะเสนอเป็น Project สำหรับปริญญาตรี สาขาวิศวกรรมโยธา ในต้นปี พ.ศ. 2519 นอกจากนี้เรายังได้จัดทำแบบจำลองของสะพานแขวนแบบ โยง โดยตรงด้วยมาตราส่วน 1 : 500 ลักษณะและรูปแบบเคร่า ๆ ของสะพานแสดงดังรูปที่ 3

ลักษณะของสะพาน (รูปที่ 3)

ตัวสะพานเป็นแบบ twin steel box-girders และมีความยาวต่อเนื่อง	244.0 เมตร
ความลึกของคานหลัก (girder) ของสะพาน	2.0 เมตร
ความกว้างทั้งหมดของผิวสะพาน (6 ช่องถนน + 2 ทางเท้า)	34.0 เมตร
เสาสูงเหล็กกล้าสำหรับโยงสายเคเบิลตั้งอยู่บนตอม่อในแม่น้ำสูง	50.0 เมตร
สายเคเบิลทำจาก cold–drawn, zinc–coated steel wire และมีเส้นผ่าศูนย์กลาง	15 ซ.ม.

การวิเคราะห์

ผลกระทบกระเทือนของการแอ่นตัวที่จะทำให้เกิดพฤติกรรมอย่างไม่เป็นเส้นตรง



Knie Bridge ที่เมือง Dusseldorf
พ.ศ. 2512

Severin Bridge ที่เมือง Cologne
พ.ศ. 2502

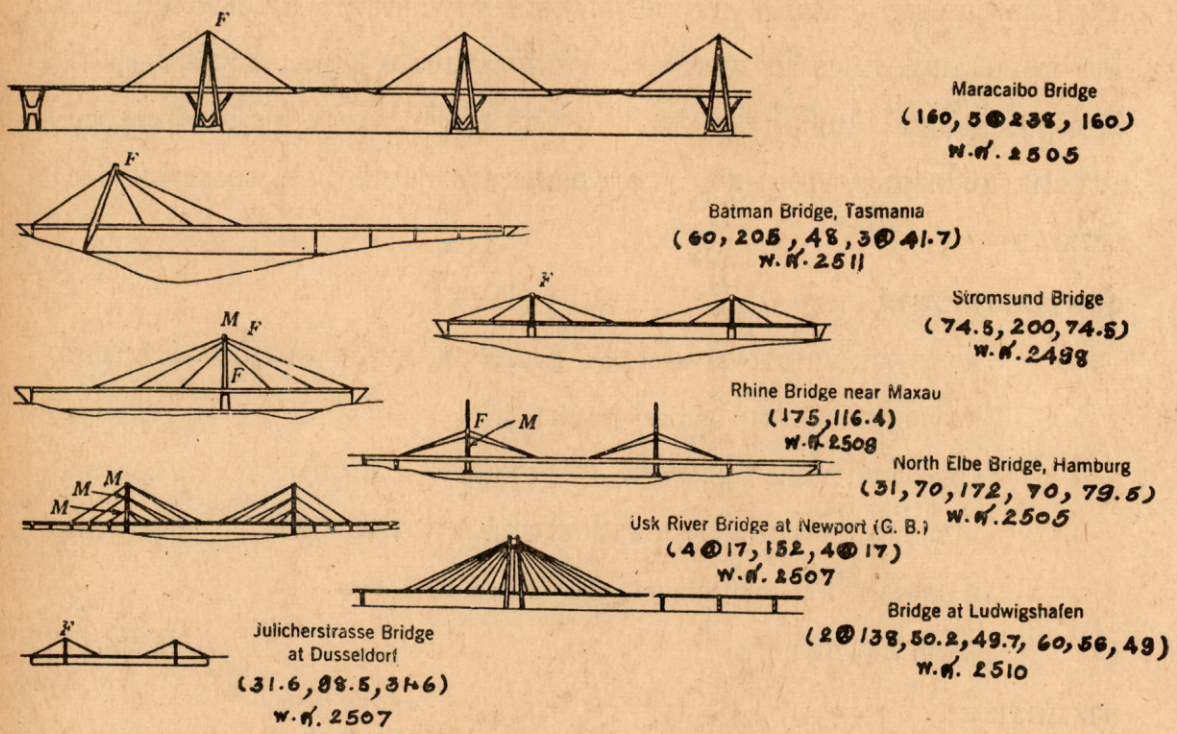
สะพานใกล้เมือง Leverkusen
พ.ศ. 2508

North Bonn Bridge
พ.ศ. 2510

North Bridge ที่เมือง Dusseldorf
พ.ศ. 2501

Rhine Bridge Rees
พ.ศ. 2510

รูปที่ 3



Maracaibo Bridge
(160, 5@238, 160)
พ.ศ. 2505

Batman Bridge, Tasmania
(60, 205, 48, 3@41.7)
พ.ศ. 2511

Stromsund Bridge
(74.5, 200, 74.5)
พ.ศ. 2498

Rhine Bridge near Maxau
(175, 116.4)
พ.ศ. 2508

North Elbe Bridge, Hamburg
(31, 70, 172, 70, 79.5)
พ.ศ. 2505

Usk River Bridge at Newport (G. B.)
(4@17, 152, 4@17)
พ.ศ. 2507

Julicherstrasse Bridge
at Dusseldorf
(31.6, 88.5, 31.6)
พ.ศ. 2507

Bridge at Ludwigshafen
(2@138, 50.2, 49.7, 60, 56, 49)
พ.ศ. 2510

รูปที่ 4 สะพานแขวนแบบโยงโดยตรงที่มีในปัจจุบัน

(nonlinear) ในสะพานแขวนแบบโยงโดยตรงน้อยมาก โมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นจริง ๆ มักจะน้อยกว่าโมเมนต์ดัดที่ได้รับจากการวิเคราะห์แบบ linear–elastic อย่างไรก็ตาม การวิเคราะห์แบบ nonlinear สามารถทำให้ง่ายลงได้ดังนี้

1. ทำการวิเคราะห์แบบ linear–elastic ภายใต้น้ำหนักหนึ่ง ๆ โดยใช้เรขาคณิตหรือรูปร่างแรกเริ่มเป็นหลัก เพื่อหาแรงและการแอ่นตัวต่าง ๆ

2. ใช้การแอ่นตัวที่ได้คำนวณหาเรขาคณิตหรือรูปร่างอันใหม่ของระบบโครงสร้าง

3. ทำการวิเคราะห์แบบ linear–elastic อีกครั้งโดยใช้เรขาคณิตหรือรูปร่างที่ได้จากข้อ 2 เป็นหลัก

4. ทำซ้ำ ๆ เช่นนี้จนกระทั่งแรงต่าง ๆ ที่ได้ถูกต้องตามสภาพแห่งความสมดุลย์และการเปลี่ยนรูปเป็นไปตามสภาพของคอมพิวเตอร์

วิธีดังกล่าวสามารถใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้วิเคราะห์ความเค้นของโครงสร้าง ตัวอย่าง Stress อย่างไรก็ตามการวิเคราะห์ความเค้นของสะพานแขวนแบบโยงโดยตรงสามารถทำได้โดยการวิเคราะห์โครงสร้างทั่ว ๆ ไป ปัญหาการแอ่นตัวเท่านั้นที่อาจจะก่อให้เกิดความยุ่งยากได้

การออกแบบ

สิ่งสำคัญที่ต้องคำนึงถึงมีดังนี้

1. รูปตัด (cross section)

ก. รูปตัดของตัวสะพาน

ข. ตำแหน่งและรูปตัดของเสาสูงและสายเคเบิล

2. ระบบของสายเคเบิล

ก. ชนิด

ข. ระยะห่างระหว่างจุดต่อ คานหลัก (girder) กับสายเคเบิล

ค. ความลาดเอียงของสายเคเบิล

3. เสาสูง (tower)

ก. ลักษณะโครงสร้าง

ข. การต่อกับสายเคเบิล

ค. การต่อกับตัวสะพานและตอม่อ

รายละเอียดต่าง ๆ จะเสนอใน Project สำหรับปริญญาตรีวิศวกรรมโยธาปีการศึกษา 2518

หนังสืออ้างอิง 1. Structural Steel Designers' Handbook Frederick S. Merritt, Editor (1972)
2. Great Buildings of the World Bridges Derrick Beckett

ทิพรส 味露
純淨魚露精
หัวน้ำปลาแท้
บริษัท ไพโรจน์ (ทั่งฮั่งฮะ) จำกัด ผู้ผลิต
唐雙合有限公司出品

สำนักงานใหญ่ 565 ญ ท่าเรือพลี ชลบุรี
ผลิตจากปลาสด และเกลือบริโภค
ตามหลักวิทยาศาสตร์ ถูกอนามัย
เป็นโรงน้ำปลาแห่งแรกในประเทศไทย
โรงงานตั้งเมื่อ พ.ศ. 2462

น้ำปลาดี น้ำปลาแท้

ต้อง

ทิพรส

ทำด้วยปลาสด ๆ จากทะเล

เยี่ยมในรส ยอดในคุณภาพ ถูกหลักอนามัย

มีชื่อเสียงมานานกว่า 60 ปี

ใช้เครื่องจักรทันสมัย

เป็นโรงงานแห่งแรก

และใหญ่ที่สุดในประเทศไทย

PERSONNEL WANTED

You've had a good education,
You're looking for a good job.

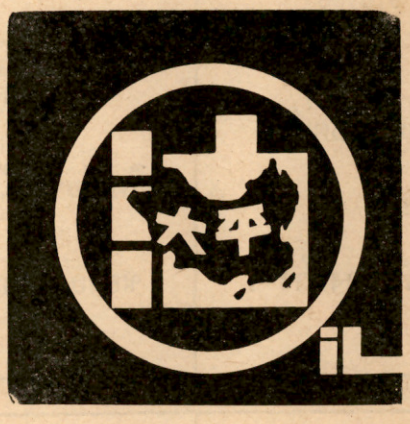
You'll find it in the Bangkok Post
and Bangkok World Classified
advertisements.

BANGKOK POST
BANGKOK WORLD

**SUBSCRIBE TO THE BANGKOK POST AND WORLD-
YOUR FUTURE DEPENDS ON IT.**

อภินันทนาการ

จาก



น้ำมันเครื่องและผลิตภัณฑ์ปิโตเลียม

จากประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีน

บริษัท ต้าผิง จำกัด

เลขที่ 6 ถนนหลานหลวง ชั้น 5 ตึก บดท. กรุงเทพ ฯ

โทร. 811633 ต่อ 95 สายตรง 812894

ผู้นำเข้าและจัดจำหน่ายในประเทศไทย

เย็นแสนสบาย เมื่อติดแอร์

จาก

ห้างหุ้นส่วนจำกัด **บางกอกออโต้แอร์**

2040 ถนนเพชรบุรีตัดใหม่ (ข้างสตาร์โบล์)

โทร. 927124-5, 916138

สถานที่โอ่อ่า จอดรถปลอดภัย

ผีมือยอดเยี่ยม

บริการดีเป็นหลักประกันของห้าง ฯ

บริษัท สยามกล๊าส จำกัด

เลขที่ 16 ชั้น 6 อาคารเตชะไพบูลย์

ถนนพลับพลาไชย นครหลวง ฯ

โทร. 827646, 827647

ผู้แทนจำหน่าย

ผลิตภัณฑ์ ถ้วยแก้ว จานแก้ว ชามแก้ว

ขององค์การแก้วกระทรวงกลาโหม

อภินันทนาการ

จาก

ห้างหุ้นส่วนจำกัด **วันชาญ**

รับเหมาติดตั้งเครื่องจักร

และงานเหล็กทุกชนิด

ติดต่อได้ที่ บริษัท ไทยเมเดนซา จำกัด

ภายใน บริษัท เทยินโพลิเอสเตอร์

รังสิต ปทุมธานี

อภินันทนาการ

จาก

สมหวัง รัตนารามิก

บริษัท

ไมน์แอนด์คอนสตรัคชั่นอีควิพเม้นท์

จำกัด

โทร. 910583, 910372

ขายเครื่อง AIR COMPRESSOR ยี่ห้อ

"INGERSOIL-RAND"

ผลงานของนักศึกษา

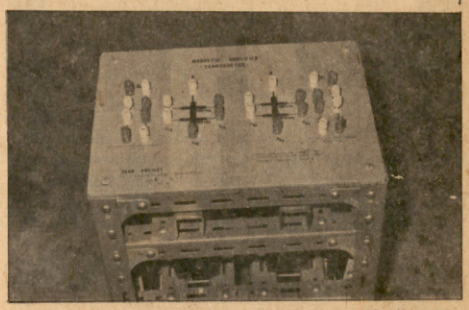
หนังสือนิทรรศการเทคโนโลยีครั้งที่ 2 นี้ ไม่สามารถรวบรวมรายละเอียดผลงานของนักศึกษาทั้งหมดได้ ด้วยเนื้อที่กระดาษมีน้อย จึงขอสรุปโดยย่อ ซึ่งผู้สนใจสามารถชมผลงาน และศึกษารายละเอียดเพิ่มเติมได้ในงานนิทรรศการครั้งนี้

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

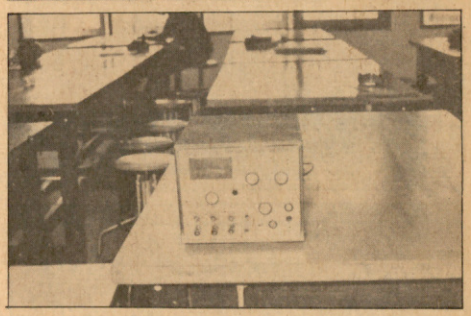
1. **Magnetic Amplifier** เป็นผลงานของนักศึกษาปีที่ 5 สร้างขึ้นเพื่อนำมาใช้ศึกษาถึงการ control saturation of the iron core ในห้อง lab.

มีหลักการทำงานดังนี้ :-

มี a.c. winding ชุดหนึ่งพันอยู่รอบ iron core ต่อไปยัง a.c. supply และ load ขณะเดียวกันก็จะมี d.c. winding อีกชุดหนึ่งพันอยู่บน core เดียวกัน ทำหน้าที่ในการ control saturation of the iron core โดยการปรับ d.c. supply จากผลของ saturation of the iron core สามารถนำไป control power across load ทางด้าน a.c. winding

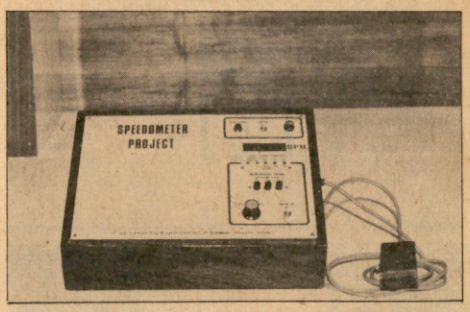


2. **Digital Electronic Stop Watch** เป็นเครื่องมือที่ใช้วัด "Time Period" การทำงานของ magnetic relay ทั่วไปโดยวัดจากช่วงเวลาที่เริ่ม supply current เข้าไปยัง magnetic coil จนถึงเวลาที่ relay ทำงาน (on หรือ off ก็ได้ แล้วแต่ชนิดของ magnetic relay นั้น ๆ) นอกจากนั้นเครื่องมือนี้อาจนำไปใช้ในการวัดอายุของการใช้งานของ component บางอย่างที่ไม่เกิน 1,000 ชั่วโมง เครื่องมือนี้เป็นผลงานของนักศึกษาปีที่ 3



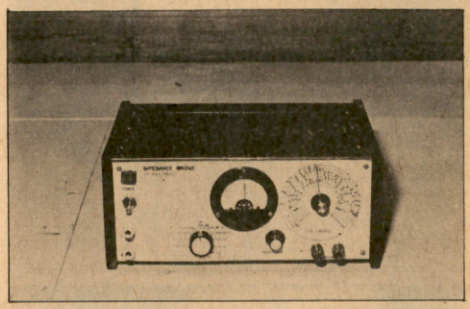
3. **Speedometer** เป็นผลงานของนักศึกษาปีที่ 3

เป็นเครื่องวัดรอบการหมุนของอุปกรณ์บางอย่างที่ต้องการรู้ถึง speed การหมุนต่อหนึ่งนาที เช่น ใบพัด มอเตอร์ ล้อ ซึ่งอาศัยแผ่นเทปสะท้อนแสงไปปะติดเข้ากับส่วนที่ต้องการจะวัด เช่น เพลา มูเล่ จานล้อ แสงจากหลอดไฟจะสะท้อนแผ่นเทปสะท้อนแสงนี้เข้ามายัง detector ซึ่งส่งผลต่อไปยัง counter และ display ออกมาเป็น**ตัวเลข**แสดงให้เห็นบนหน้าปัทม์ของเครื่อง



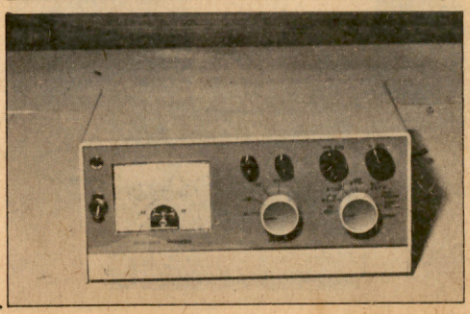
4. **Impedance Bridge meter** เป็นผลงานของนักศึกษาปีที่ 3

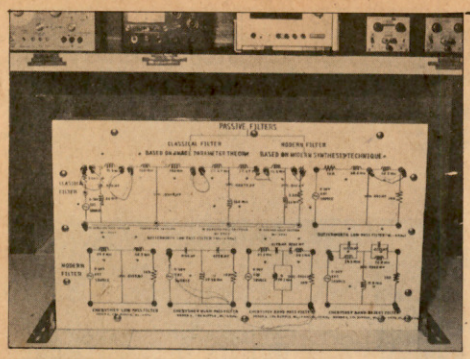
เป็นเครื่องมือวัดค่า Resistance, Inductance และ Capacitance โดยอาศัยหลักการของ "Bridge Balance"



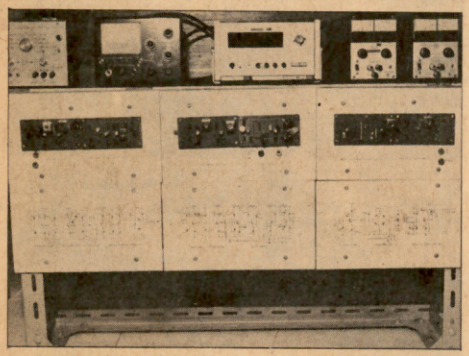
5. **Solid State Multimeter** เป็นผลงานของนักศึกษาปีที่ 3

เป็นเครื่องวัดเช่นเดียวกับ Multimeter (วัด Voltage, Ampere, Resistance ได้) แต่มี Input Impedance สูงกว่าธรรมดา โดยใช้วงจร Transistor เข้ามาประกอบ

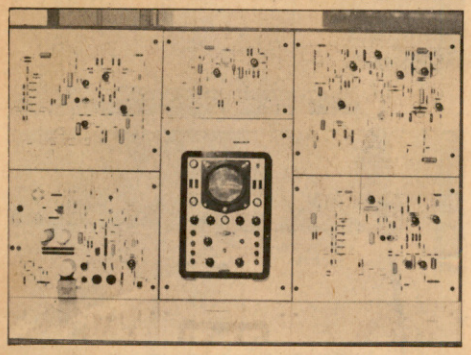




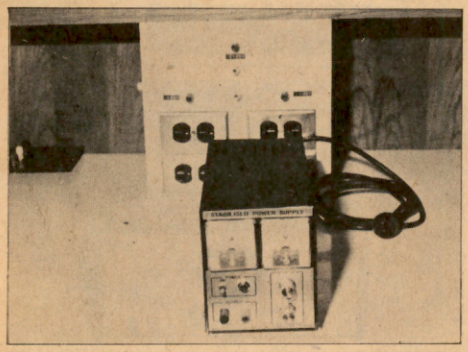
6. **Passive Filter Demonstration** เป็นผลงานของนักศึกษาปีที่ 5 เป็นแผงแสดงถึงวงจรของ Passive Filter เพื่อประโยชน์ในการประกอบการสอน



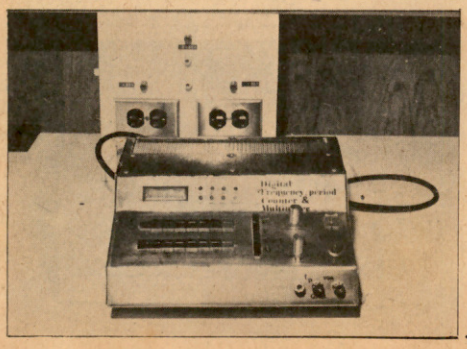
7. **F.M. Stereo Multiplex Demonstration** เป็นผลงานของนักศึกษาปีที่ 5 เป็นแผงแสดงถึงวงจรและหลักการทำงานของ F.M. Stereo Multiplex เพื่อใช้ในการทำการประลอง (laboratory) และประกอบการสอน



8. **Oscilloscope Demonstration** เป็นผลงานของนักศึกษาปีที่ 3 เป็นโต๊ะและแผงแสดงถึงวงจรและการทำงานของ Oscilloscope แบบ Double Beam เพื่อใช้ในการทำการประลองและประกอบการสอน



9. **Stabilized Power Supply** เป็นผลงานของภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า เป็นเครื่อง Variable Voltage Supply ที่ปรับค่า Voltage Output ได้ตั้งแต่ 0.8 ถึง 30 V ซึ่งจะคงที่อยู่ที่ค่านั้น ๆ และสามารถจ่ายกระแสได้ 0–2A เครื่องมือนี้เป็นอุปกรณ์พื้นฐานที่ต้องใช้อย่างมากในการประลองทางไฟฟ้า–อีเล็คโทรนิคส์



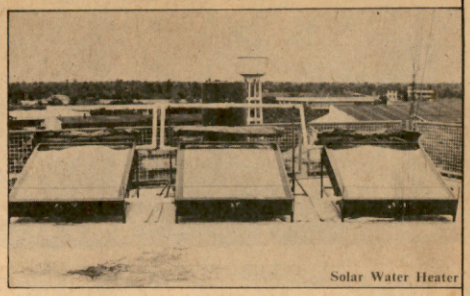
10. **Frequency Counter and Digital Multimeter** เป็นผลงานของนักศึกษาปีที่ 3 เป็นเครื่องที่ใช้วัดความถี่ของ signal ต่าง ๆ และเป็น multimeter ด้วยในเครื่องเดียวกันนี้ ซึ่งจะ display ค่าต่าง ๆ ที่วัดได้เป็นตัวเลขบนหน้าปัทม์ของเครื่อง

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

1. **Solar Water Heater** เป็นผลงานของนักศึกษาปีที่ 5

Solar Water Heater เป็นอุปกรณ์ทำน้ำร้อนโดยใช้พลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ ทั้งนี้โดยอาศัยวัสดุดูดกลืนความร้อน ที่มีความสามารถในการส่งผ่านความร้อนได้สูง เช่น ทองแดง หรือ อลูมิเนียม เป็นตัวกลางในการเก็บสะสมพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ แล้วส่งผ่านให้แก่น้ำซึ่งไหลผ่านท่อน้ำที่ฝังอยู่ในแผ่นวัสดุดูดกลืนความร้อนนี้ ระบบทำน้ำร้อนแบบนี้เรียกว่า Flat Plate Collector

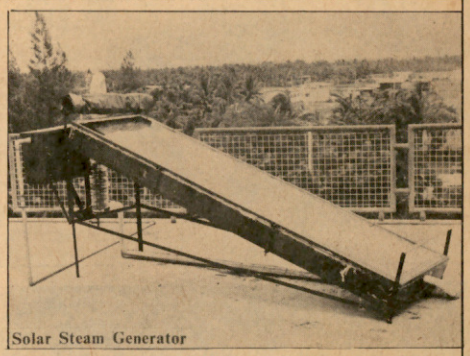
จากชุดอุปกรณ์ตามรูปนี้ สามารถผลิตน้ำร้อนได้ที่อุณหภูมิประมาณ 50°C–60°C ในปริมาณ 100 ลิตรต่อวัน ต่ออุปกรณ์ 1 ชุด (ขนาดพื้นที่ 1.35 ตารางเมตร)


Solar Water Heater

2. **Solar Steam Generator** เป็นผลงานของนักศึกษาปีที่ 5

Solar Steam Generator เป็นอุปกรณ์ผลิตไอน้ำด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ โดยใช้พลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ส่งผ่านไปให้กับน้ำจนกระทั่งน้ำกลายเป็นไอ ตามรูปนี้อุปกรณ์ชุดนี้ใช้ระบบ Flat Plate Collector ในการทำให้น้ำกลายเป็นไอ โดยอาศัยวัสดุที่มีค่าการส่งผ่านความร้อนได้สูงเป็นตัวกลางในการดูดกลืนพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์แล้วส่งผ่านไปให้น้ำเช่นเดียวกันกับระบบ Solar Water Heater เพียงแต่ขยายพื้นที่การรับปริมาณความร้อนจากแสงอาทิตย์ของ Flat Plate Collector ให้มีพื้นที่มากขึ้น

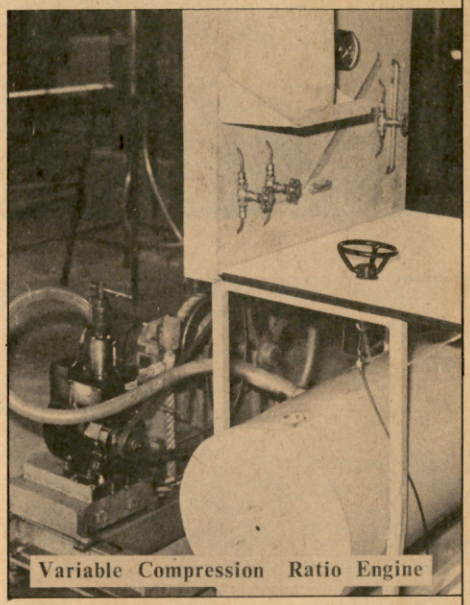
จากอุปกรณ์ชุดนี้ สามารถผลิตไอน้ำได้ประมาณวันละ 1.5 ลิตร ถึง 2 ลิตร ในขนาดพื้นที่ 1.2 ตารางเมตรโดยให้อุณหภูมิของน้ำเดือดที่ 95°C


Solar Steam Generator

3. **Variable Compression Ratio Engine** เป็นผลงานของนักศึกษาปีที่ 5 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า ธนบุรี

วัตถุประสงค์

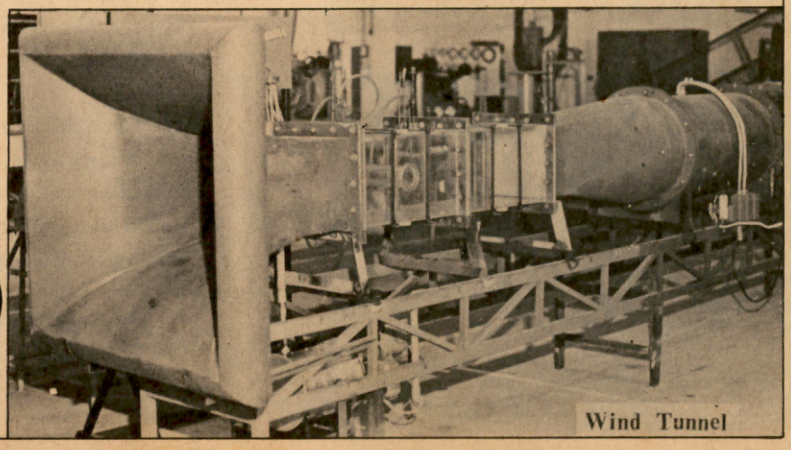
1. เพื่อศึกษาสมรรถนะของเครื่องยนต์ เมื่ออัตราอัด (compression ratio) เปลี่ยนไป
2. ศึกษา knock rating ของเครื่องยนต์ที่เปลี่ยนกำลังอัด เมื่อ Octane No. เปลี่ยนไป

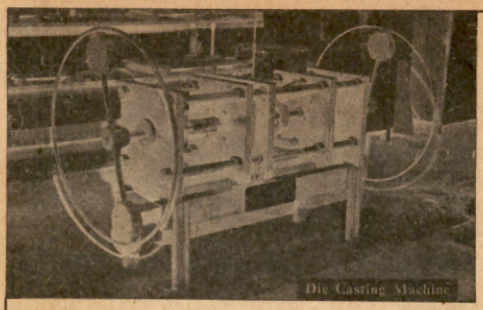

Variable Compression Ratio Engine

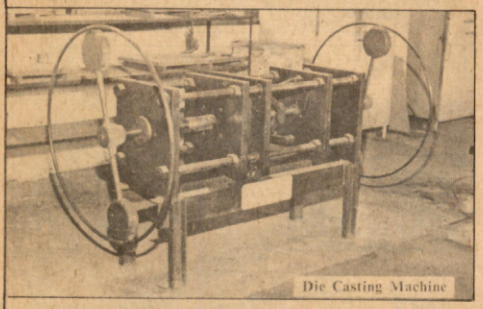
4. **Wind Tunnel** เป็นผลงานของนักศึกษาปีที่ 3 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า ธนบุรี

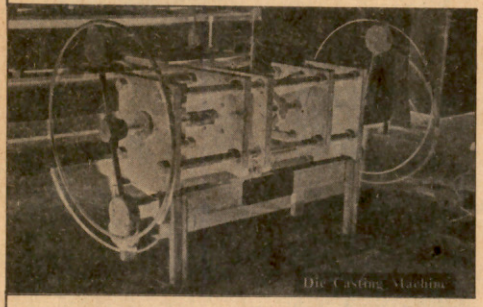
วัตถุประสงค์

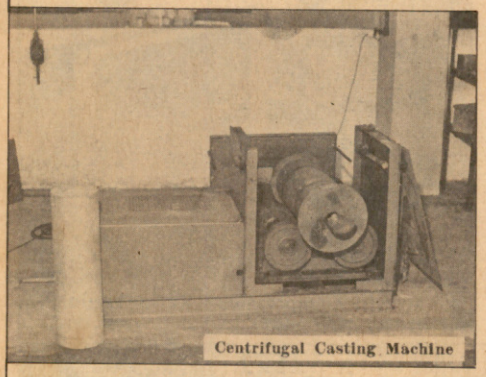
1. เพื่อศึกษาการไหลของ fluid ผ่าน two dimensional aerofoil รวมทั้ง fluid angle ที่ออกจาก trailing edge เมื่อเปลี่ยนค่าของมุมปะทะ
2. ศึกษา path line ของ fluid ในขณะที่ผ่าน model ต่างๆ และศึกษาถึง wake หลัง model
3. ศึกษาการ flow ของ fluid ผ่าน model ต่างๆ พร้อมทั้งหาค่า lift and drag

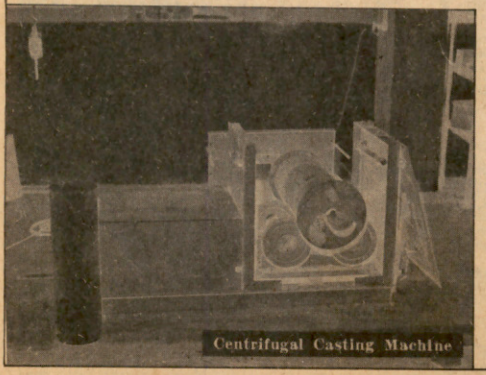

Wind Tunnel











ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

1. การหล่อแบบแม่พิมพ์ (Die Casting)

Die Casting เป็นกรรมวิธีหล่อโลหะอีกวิธีหนึ่ง ซึ่งน้ำโลหะจะถูกอัดเข้าไปในแบบแม่พิมพ์ (Die) ที่มีความละเอียดละออ ด้วยความเร็วสูง ภายใต้อุณหภูมิและความดันสูง การหล่อด้วยวิธีนี้จะได้งานหล่อที่มีความละเอียดละออสูง ผิวงานจะเรียบละเอียด สามารถผลิตได้เป็นปริมาณมาก ๆ ในเวลาสั้น ๆ การหล่อแบบแม่พิมพ์โดยมากใช้กับงานหล่อโลหะผสมที่ต้องการความเที่ยงตรงสูง มีจุดหลอมเหลวต่ำ เช่น พวกอลูมิเนียมผสม สังกะสีผสม ทองแดงผสม และ แมกนีเซียมผสม เป็นต้น วิธีนี้ยังใช้ผลิตชิ้นส่วนเครื่องจักรกลที่ต้องการความเที่ยงตรงอีกหลายชนิด ชิ้นส่วนรถยนต์ที่ต้องการความเที่ยงตรงสูง อุปกรณ์ไฟฟ้าและเครื่องมือสื่อสารโทรคมนาคม เครื่องมือวัด ฯลฯ หรือของใช้ที่จำเป็นประจำวัน เช่นเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้าน อุปกรณ์สำนักงาน ฯลฯ การหล่อแบบนี้เพิ่งจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว เมื่อไม่นานมานี้เอง และได้ปรับปรุงทางเทคนิคต่าง ๆ ในด้านกรรมวิธีโดยอัตโนมัติ แบบหล่อโลหะและงานที่ได้จากการหล่อแบบแม่พิมพ์

Die Casting Machine

เป็นเครื่องมือสำหรับหล่อ Die Casting ที่นักศึกษาชั้นปีที่ 5 ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า ธนบุรี ได้จัดทำขึ้นใช้เอง ซึ่งการทำเครื่องมือ Die Casting นี้ เป็นส่วนหนึ่งของวิชา PE. 5407 Production Engineering Project หน่วยกิต 3 ใช้นักศึกษาจำนวน 3 คนทำ

เครื่อง Die Casting นี้ เป็นแบบเครื่องห้องเย็น (Cold Chamber) ซึ่งหมายถึงเตาหลอมอยู่ต่างหากจากเครื่อง และทิศทางการปิดและเปิดแบบแม่พิมพ์ อยู่ในแนวนอน (Horizontal)

สมรรถนะของเครื่อง

เครื่อง Die Casting ที่นักศึกษาทำใช้นี้เหมาะกับการหล่ออลูมิเนียมและบรอนซ์ สามารถทำงานอัดได้ประมาณ 8–10 ตัน (โดยใช้เลเวียว 3 ปากขับหัวอัด) เส้นผ่าศูนย์กลางของหัวอัดประมาณ 50 ม.ม. น้ำหนักที่อัดเข้าได้จริง ๆ ประมาณ 1.0 ก.ก. (อลูมิเนียม) ความโตของงานที่อัดหล่อได้ประมาณ 90 ม.ม. หนาประมาณ 10 ม.ม. ใช้คนทำงาน 3 คน สามารถหล่อได้ชั่วโมงละ 30–40 ชิ้น

2. Centrifugal Casting คืออะไร

Centrifugal Casting เป็นกรรมวิธีการหล่อโลหะวิธีหนึ่ง โดยอาศัยแรงเหวี่ยง (Centrifugal force) น้ำโลหะที่กำลังหลอมเหลวจะถูกเทลงสู่แบบ ในขณะที่แบบหล่อหมุนอยู่กับที่ น้ำโลหะจะถูกเหวี่ยงไปปะทะกับผนังแบบด้วยความดันค่อนข้างสูง ด้วยแรงเหวี่ยงอันนี้เอง จะทำให้ชิ้นงานที่หล่อด้วยวิธีนี้มีเนื้อแน่นดีกว่างานหล่อที่หล่อด้วยแบบทรายธรรมดา ทำให้งานหล่อมีคุณสมบัติทางกลดีกว่าด้วย กรรมวิธี Centrifugal Casting นี้ เหมาะกับงานหล่อที่มีรูปร่าง symmetric เช่น Cylindrical Shape (รูปทรงกระบอก) ที่กลวงโดยไม่ต้องใช้ไส้แบบ (Core) ได้

Centrifugal Casting Machine

เป็นเครื่องมือสำหรับหล่อโลหะด้วยวิธี Centrifugal Casting ที่นักศึกษาภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ปีที่ 5 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า ธนบุรีทำขึ้นใช้เอง ในวิชา PE. 5407 Production Engineering Project หน่วยกิต 3 ใช้นักศึกษาจำนวน 4 คนทำ

เครื่องหล่อเหวี่ยงนี้แบ่งส่วนสำคัญออกได้เป็น 3 ส่วน คือ

ก. **ส่วนที่เป็นเครื่องส่งกำลัง** ใช้มอเตอร์ขนาด 5 แรงม้า ความเร็วรอบ 1,450 รอบต่อนาที

ข. **ส่วนที่เป็นอุปกรณ์เปลี่ยนความเร็วรอบ** ใช้ระบบ Cone Pulley เปลี่ยนความเร็วรอบระหว่าง 900 รอบต่อนาที ถึง 3,500 รอบต่อนาทีได้

ค. **ส่วนที่เป็นแบบหล่อ** (Pattern) ใช้เหล็กหล่อกลึง เรียบเป็นรูปทรงกระบอก สามารถหล่องานที่เป็นรูปทรงกระบอกได้ เส้นผ่าศูนย์กลางภายนอกสูงสุด 6 ½" ยาว 23" แบบหล่อหรือกระสวนนี้สามารถเปลี่ยนได้ตามขนาดที่ต้องการ

สมรรถนะของ :-

เครื่องหล่อเหวี่ยงนี้สามารถหล่อได้ทั้งเหล็กหล่อ เหล็กเหนียวและโลหะนอกกลุ่มเหล็ก เช่น อลูมิเนียม และทองเหลือง เป็นต้น สามารถหล่องานที่เป็นรูปทรงกระบอกกลวงได้โต (นอก) สุด 6 ½" ยาว 23" ได้ชั่วโมงละ 8–10 อัน ใช้คนทำ 2–4 คน ทั้งนี้น้ำโลหะที่จะมาเทหล่อเหวี่ยงต้องควบคุมอุณหภูมิให้ถูกต้องด้วย (ตอนเท)

3. อุปกรณ์ดักฝุ่นสำหรับเตาหล่อคิวโปลา (Dust Collecting for Cupola)

ปัจจุบันนี้ปัญหาสิ่งแวดล้อมเป็นพิษ ที่เกิดจากโรงงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ กำลังทวีความรุนแรงยิ่งขึ้น นักวิชาการแขนงต่าง ๆ กำลังรณรงค์ที่จะขจัดสิ่งเป็นพิษต่าง ๆ ที่โรงงานอุตสาหกรรมปล่อยออกมาให้หมดไปโดยเร็ว เพื่อประโยชน์สุขของมวลชนโดยทั่วไป

โดยปกติเตาหล่อเหล็กคิวโปลา มักจะปล่อยฝุ่นผง ขี้เถ้าจากเชื้อเพลิง (ถ่านโค้ก) ออกไปรบกวนบริเวณใกล้เคียงมาก ทำให้อากาศสกปรก ทางภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า ธนบุรี ได้ตระหนักถึงภัยอันนี้จึงได้ให้นักศึกษาของภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ปีที่ 5 จัดทำเครื่องดักฝุ่นไปติดเข้ากับเตาคิวโปลาเบอร์ 1 ของสถาบันฯ ที่มีอยู่แล้ว ติดเตาหล่อทดลอง ผลปรากฏว่าใช้การได้ผลดี

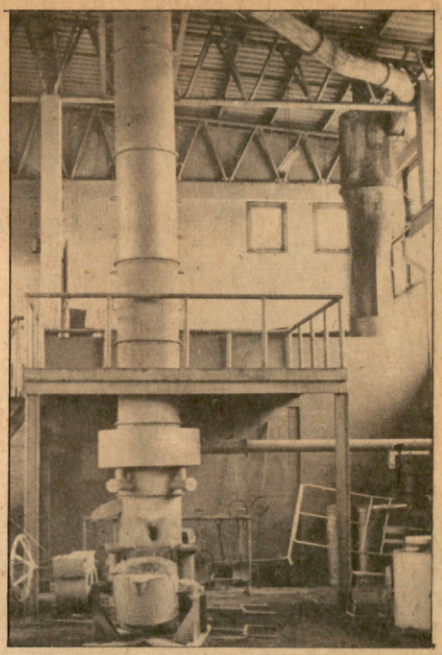
ระบบของเครื่องดักฝุ่น

เครื่องดักฝุ่นสำหรับเตาหล่อคิวโปลาที่ทำขึ้นนี้ ใช้นักศึกษาชั้นปีที่ 5 ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า ธนบุรี จำนวน 4 คน ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของวิชา PE. 5407 Production Engineering Project หน่วยกิต 3

สำหรับระบบที่ใช้กับเครื่องนี้ได้แก่ ระบบ "Cyclone" (ลมหมุน) โดยไม่ใช้พัดลมดูด แต่ใช้แรงลมจากเตาพาฝุ่นจากเตาไปหมุนอยู่ในถัง ฝุ่นหนักจะตกอยู่ตอนล่างของถัง สามารถเก็บออกได้ในภายหลัง สำหรับอากาศดีจะออกปล่องไป ทำให้อากาศที่ออกไปนั้นสะอาดขึ้น ทำให้สิ่งแวดล้อมดีขึ้น

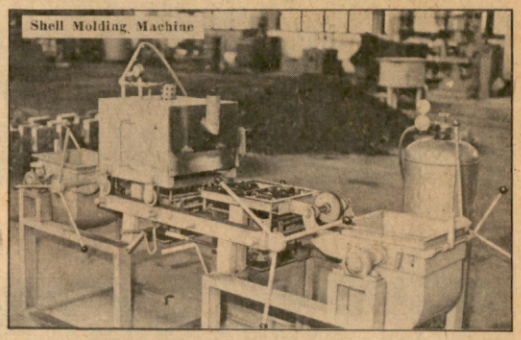
สำหรับขนาดและสัดส่วนของระบบ Cyclone นี้จะต้องออกแบบคำนวณเป็นอย่างดี จึงจะสามารถดักฝุ่นได้ ขนาดและสัดส่วนต่าง ๆ ที่ทำและใช้ได้มีดังในรูป (แบบ)

อนึ่ง เตาหล่อคิวโปลาที่เห็นในรูปถ่าย ก็เป็นผลงานของนักศึกษาและอาจารย์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า ธนบุรี ด้วย



4. Shell Molding คืออะไร

Shell Molding หมายถึง กรรมวิธีทำแบบหล่อ สำหรับผลิตงานต่าง ๆ ในทางหล่อหลอมโลหะ เป็นวิธีการอันหนึ่งที่ต้องใช้ทรายซิลิกา (Silica Sand) อย่างแห้งสนิท ผสมกับสารพลาสติคจำพวก Thermosetting resin เช่น Phenolformaldehydes, Ureaformaldehydes, Alkydes และ Polyesters เป็นต้น พลาสติคดังกล่าวนี้จะเป็น Binder ทำให้ทรายยึดติดกัน ความแข็งแรงของแบบหล่อ Shell mold นี้จะมีมากในลักษณะของ plastic ภายหลังที่ได้นำแบบหล่อมาอบผ่านความร้อนแล้ว หลังจากที่ทำแบบหล่อออกมาแล้ว ทรายจะมีความหนาประมาณ $\frac{1}{8}$" – $\frac{3}{8}$" ตามปกติ shell mold มักจะทำเป็น 2 ส่วน คือแบบชั้นบนเรียก "Cope" และแบบชั้นล่างเรียก "Drag" สำหรับเส้นผ่า (Parting line) มักจะอยู่ในแนวตั้ง (Vertical plane) แบบแต่ละชิ้นต้องมีเดือย (Dowels or pins) ไว้สำหรับบีดแบบได้อย่างถูกต้อง มิฉะนั้นจะทำให้แบบคลาดเคลื่อนเมื่อบีดแบบ หลังจากประกบหรือบีดแบบแล้วต้องยึด cope และ drag ให้แน่น เพื่อเวลาเทน้ำโลหะแล้วจะได้ไม่ดันให้แบบแยกออกจากกัน และไส้แบบ (Core) ก็ต้องจัดวางให้เรียบร้อยก่อนบีดแบบเช่นเดียวกับแบบทรายธรรมดา



Shell Molding Machine

Shell molding machine เป็นเครื่องมือทำแบบ Shell mold ที่นักศึกษาภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ปีที่ 3 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า ธนบุรีได้ทำขึ้นใช้เอง ในวิชา PE 3403 Project หน่วยกิต 3 ใช้นักศึกษาจำนวน 6 คนทำ

เครื่องทำแบบหล่อ Shell mold นี้ สามารถแบ่งส่วนสำคัญออกเป็น 3 ส่วนด้วยกัน ซึ่งแต่ละส่วนสามารถถอดและประกอบได้ เพื่อสะดวกในการเคลื่อนย้ายส่วนสำคัญทั้ง 3 มีดังนี้ :–

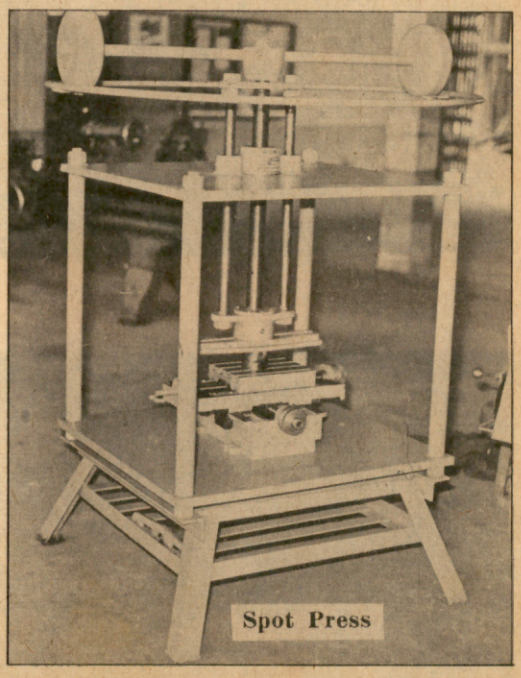
ก. **ส่วนฐานเครื่อง** ซึ่งมีความกว้าง 32" สูง 32" ยาวทั้งสิ้น 89 $\frac{1}{4}$"

ข. **ส่วนที่เป็นถังใส่ทราย** (Dump Box) ขนาด 12"×14" ลึก 16" และแบบกระสวน (Pattern) ขนาด 12"×14" สำหรับ Pattern นี้ ทำด้วยเหล็กหล่อ สามารถเปลี่ยนได้ตามแบบที่จะหล่อ

ค. **ส่วนที่เป็นเตาอบแบบ** Shell mold ซึ่งมีล้อเลื่อนไปมาได้ เชื้อเพลิงสำหรับเตาอบใช้แกสหุงต้ม (Butane gas)

สมรรถนะของเครื่อง

เครื่องทำแบบ Shell mold เครื่องนี้สามารถทำงานด้วย Pattern 2 อัน และมีกล่องใส่ทราย (Dump Box) 2 กล่อง ทำงานต่อเนื่องกันได้โดยไม่หยุดคอย เพราะเตาอบแบบสามารถเลื่อนอบ Pattern ทั้ง 2 ข้างได้ตลอดเวลา การทำงาน ใช้คนทำ 2 คน สามารถทำแบบหล่อได้ชั่วโมงละประมาณ 15–20 แบบ ซึ่งนับว่ามีประสิทธิภาพดีมาก แบบหล่อ Shell mold ที่ได้สามารถหล่อได้ทั้งเหล็กเหนียวเหล็กหล่อ และพวกทองเหลือง และ อลูมิเนียม ฯลฯ ได้ผลดีมาก

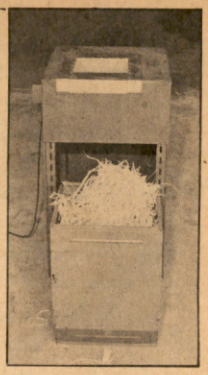


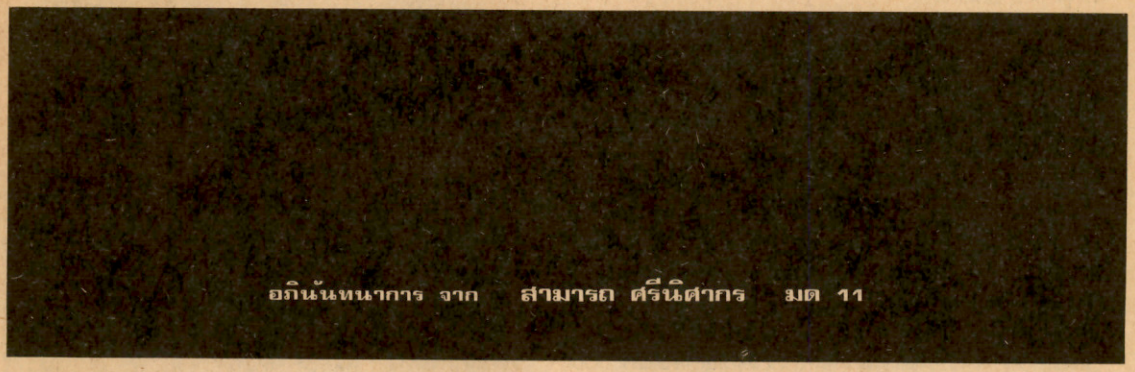
Spot Press

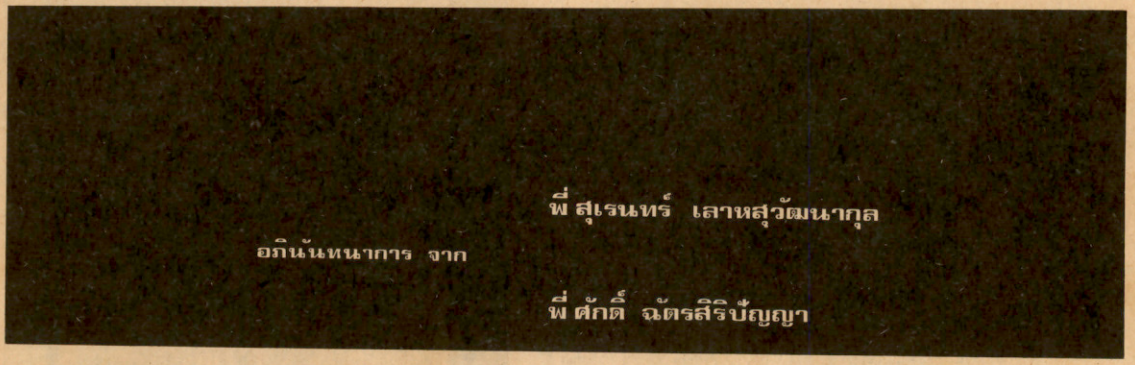
เป็นเครื่องวัดที่ใช้ในการตรวจสอบความถูกต้องของ punch และ die (แม่พิมพ์ตัวผู้และตัวเมีย)

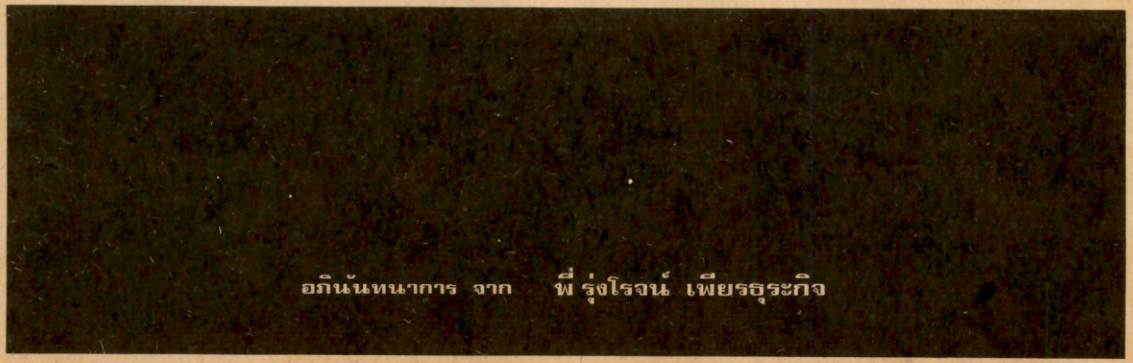
6. เครื่องย่อยกระดาษ

เป็นเครื่องย่อยเอกสารธุรกิจหรือราชการที่ไม่ต้องการเปิดเผยก่อนส่งขายให้โรงงานกระดาษใช้ทำเป็นเยื่อเพื่อทำกระดาษขึ้นมาใหม่









สารจาก แกลง

กว่าหนังสือเล่มนี้จะออกมาได้ เราต้องเจอกับอุปสรรคที่เปรียบเหมือนกับลูกคลื่นใหญ่น้อย ซึ่งมาเป็นระลอกไม่ขาดสาย แต่ด้วยความตั้งใจที่จะให้หนังสือเล่มนี้เป็นหนังสือวิชาการที่มีคุณค่าเล่มหนึ่ง ประกอบกับหนังสือเล่มนี้จะต้องออกก่อนงาน จึงต้องเหนื่อยกันหน่อย

ผมขอขอบคุณอาจารย์ และเพื่อนนักศึกษาที่ได้เสียสละเวลาอันมีค่าเร่งเขียนบทความลงในหนังสือเล่มนี้

ผมขอขอบคุณรุ่นพี่ และบริษัทห้างร้าน ที่ได้ช่วยลงเนื้อที่โฆษณาซึ่งทำให้หนังสือเล่มนี้ ก่อกำเนิดขึ้นมาได้

เช่นกันงานนิทรรศการครั้งนี้จะเต็มไปด้วยปัญหามากมาย ถ้าขาดปัจจัยในการดำเนินงาน ทางคณะกรรมการจึงขอขอบคุณ

พลตรี ประมาณ อดิเรกสาร
มดเครื่องกลและอุตสาหการ รุ่น 11
ชมรมมดเหนือ
ชมรมมดใต้
ชมรมมดอีสาน
ธนาคารกรุงเทพ จำกัด
บริษัท เซาท์อีส เอเซียก่อสร้าง จำกัด
บริษัท ยูเนียน แอสโซซิเอท จำกัด
บริษัท สุรามหาคุณ จำกัด
บริษัท โรงงานกระดาษกรุงเทพ จำกัด
บริษัท อินเตอร์เนชั่นแนล เอนจิเนียริง จำกัด
บริษัท ผู้ผลิตน้ำอัดลมกรีนสปอต ซึ่งให้ความอุปการะทางด้านนี้

คณะกรรมการขอขอบคุณบริษัทห้างร้าน และสถานฑูตที่ได้นำเอาสินค้าและผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ออกแสดงในงานครั้งนี้

สิ่งใดที่เป็นข้อบกพร่องในการจัดงานนิทรรศการ พร้อมกับข้อบกพร่องที่มีในหนังสือเล่มนี้ ผมขอให้น้องปี 1 (มด 16) ช่วยแก้ตัวให้กับพวกเราในงาน "นิทรรศการเทคโนโลยีครั้งที่ 3"

หลังจากงานครั้งนี้แล้ว เราก็ต้องเตรียมตัวรับคลื่นลูกใหม่....การสอบ.... มันก็ต้องสู้กันต่อไป อย่างที่เขาว่า

"ชีวิตไม่ดิ้นก็สิ้นไป ชีวิตไม่สิ้นก็ดิ้นไป"

พงษ์เทพ ทิพย์ทินกร
สาราณียกร

ฝ่ายสารานียกร
มนัส อัศวพงษ์อนันต์
วีระศักดิ์ เอมเดช
พิชัย ตันตระโชติ
วิโรจน์ หิรัญพานิช
สุจินต์ เชวงธรรมรัตน์

ฝ่ายสปอนเซอร์
วิเชียร โออนันต์
ปก
วิทยา ขะมันจา

แก้คำผิด

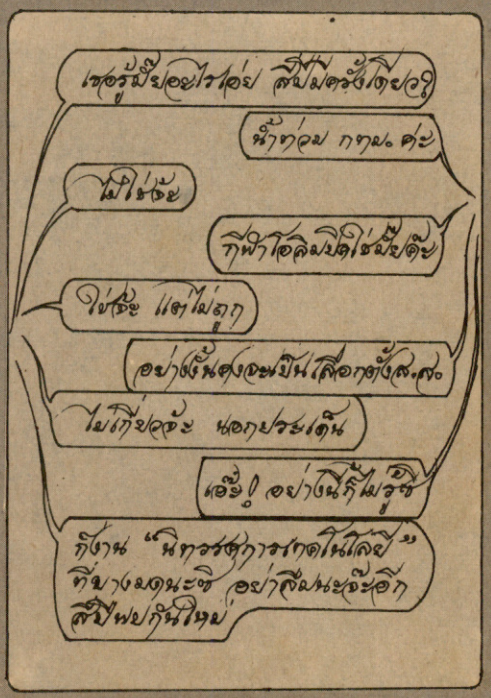
หน้า	บรรทัดที่	ของเดิม	แก้เป็น
52	8	กระแสไพฟ้า	กระแสไฟฟ้า
85	12	6)	5)
97	6 จากล่าง	Coria	Scoria
129	12 จากล่าง	อบรบ	อบรม
129	1 จากล่าง	ซาอุเดียอราเบีย	ซาอุดิอราเบีย
131	1 จากล่าง	ทั้งสิ้น 17	ทั้งสิ้น 27
134	15 จากล่าง	เนื่องจาง	เนื่องจาก
152	5	$V_1 \cong E_1$	$V_1 \cong -E_1$
172	8	กรมทรัพยากรธณี	กรมทรัพยากรธรณี
174	9	ปี 2626–2528	2526–2528
175	11 จากล่าง	ฝ่ายผผิต	ฝ่ายผลิต

ห้างหุ้นส่วนจำกัด ต. ยงสูง

จำหน่ายเครื่องมือไฟฟ้า เครื่องจักรกล
เครื่องทุ่นแรง เครื่องมือก่อสร้างทุกชนิด
เครื่องมือใช้การตรวจสอบ เครื่องปั๊มลม
เครื่องปั๊มน้ำ และอาหลั่ยทุกขนาด

โทร. 218590, 218595

ผู้แทนจำหน่าย
เครื่องมือของโรงงาน "METABO"
ประเทศเยอรมัน
เลขที่ 539 ถนนมหาจักร์ คลองถม
กรุงเทพมหานคร
โทรเลขย่อ "ตังโจน"



อภินันทนาการจากคณะนักศึกษาเก่า

พนักงาน บริษัท ไทยบริดจสโตน จำกัด

1. คุณเกษม	บุญหนุนเทศ
2. „ บุญมาก	พันธุ์บัวหลวง
3. „ ทำนุ	เพชรานุวัตร
4. „ ไมตรี	สุวรรณัจศิริ
5. „ มนูญ	เชษฐวาณิชย์
6. „ ณรงค์	อำไพ
7. „ โอกาส	ขวัญนาค
8. „ เกรียงศักดิ์	ชุณหชัย
9. „ โอภาส	อ่อนใจอารีย์
10. „ พายัพ	จิตตชัยวิสุทธิ์
11. „ สัญญลักษณ์	เก็งพินิจ

ห้องสมุด
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า ขนบุ

อภินันทนาการจาก

คุณ ชุมพล สุขาพันธ์
คุณ ปรีดา ใบเงิน
คุณ วิสิษฐ ทัวสุข
คุณ ขจร ธารีไทย
คุณ สมาน เทพนำโสมนัส

บริษัท พีราเมนต์เทกซ์ไทล์ จำกัด

อภินันทนาการจาก พนักงาน บริษัท ไทยเมเดนชา

พาณิช สุทธิสวาท
ไพบูลย์ เกิดทับทิม
ไพบูลย์ นวสัมฤทธิ์
พิบูลย์ ธำรงโชติ

WITH COMPLIMENTS

THAI KANSAI PAINT CO., LTD.,

MANUFACTURER OF "FAN BRAND" PAINTS SUCH AS STANDARD PYROXYLIN LACQUER, ACRYLIC EMULSION PAINT, SYNTHETIC RESIN ENAMEL, COPAL VARNISH, HIGH CLASS MELAMINE RESIN BAKING ENAMEL, THINNER AND HIGH SOLID LACQUER WHICH IS A FAMOUS AUTOMOTIVE FINISH.

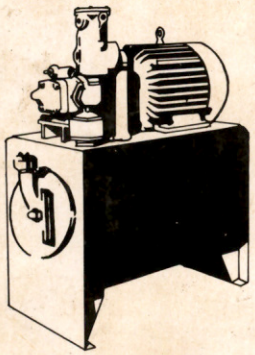
180 THAPARUG ROAD, SOMRONG – NUA, SAMUTPRAKARN.
TEL : 940976 940992
CABLE ADDRESS : "THAIKANSAI" SAMUTPRAKARN, THAILAND.

SOLE AGENT :

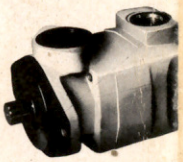
THAI HUAT R. O. P.

133-137 WAT TUK SQUARE
BANGKOK, THAILAND.
TEL : 221322 225296 225600 225601

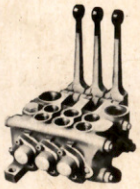
SPERRY VICKERS
POWER AND MOTION
CONTROL SYSTEMS

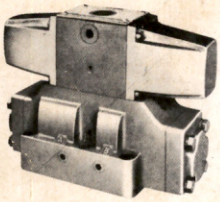


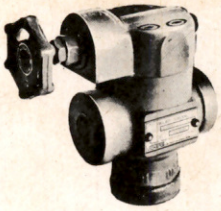
HYDRAULIC



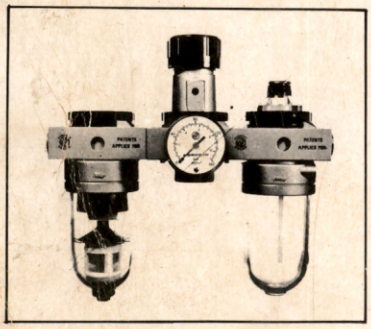
VICKERS อุปกรณ์ไฮโดรลิค สำหรับ
โรงงานอุตสาหกรรม รถแทรคเตอร์,
กว้าน และหางเสือเรือ





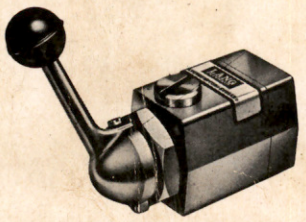


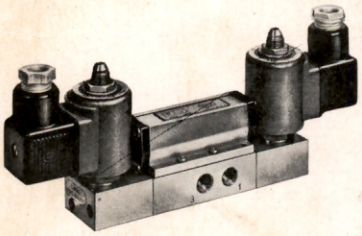
AEROQUIP สายไฮโดรลิคและข้อต่อ
UCC ส่วนประกอบระบบไฮโดรลิค ไส้กรอง
เกย์ ชนิดต่าง ๆ และยอยขับ

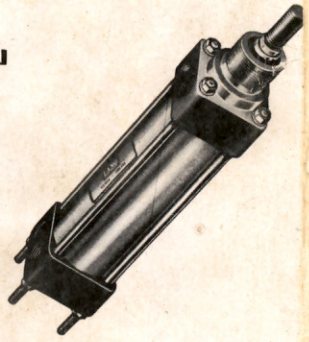


PNEUMATIC

LANG & LUCIFER
อุปกรณ์ลมและวาล์วลม







รับปรึกษา ออกแบบและติดตั้ง

บริษัท ไทยเอเย่นซีเอ็นยีเนียริ่ง จำกัด

920/6 ตลาดน้อย ถนนเจริญกรุง กรุงเทพฯ ๑

โทร. 36350