

โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการออกแบบหม้อไอน้ำ
Computer Program for Steam Boiler Design



โดย

นาย พูลศักดิ์ เมืองนิล

นาย สยาม นันทนรัตน์เสรี

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ. ธวัชชัย นาคพิพัฒน์

เลขหนังสือ.....
เลขทะเบียน..... 42461
วัน, เดือน, ปี..... 23 พ.ค. 2545

b.....
i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

11/2

ปริญญาโทปีการศึกษา 2543

ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการออกแบบหม้อไอน้ำ

Computer Program for Steam Boiler Design.

ผู้จัดทำ

1. นาย พุศศักดิ์ เมืองนิล

รหัสประจำตัว 41013509

2. นาย สยาม นันทนรัตน์เสรี

รหัสประจำตัว 41013516



อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผศ. ธวัชชัย นาคพิพัฒน์)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการออกแบบหม้อไอน้ำ

นาย พูลศักดิ์ เมืองนิล 41013509

นาย สยาม นันทนรัตน์เสรี 41013516

ผศ. รัชชัช นาคพิพัฒน์ อาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2543

บทคัดย่อ

หม้อไอน้ำ เป็นแหล่งต้นกำลังซึ่งมีความสำคัญในทางอุตสาหกรรมเป็นอย่างยิ่ง ในการออกแบบหม้อไอน้ำ จะต้องคำนึงถึงความถูกต้อง ซึ่งจะต้องมีมาตรฐานที่ใช้กำหนดเพื่อให้ได้หม้อไอน้ำที่มีความปลอดภัยที่สุด ในการออกแบบหม้อไอน้ำไอน้ำมีความยุ่งยากและซับซ้อนอีกทั้งต้องใช้เวลาอันยาวนาน ดังนั้นเพื่อความสะดวกและรวดเร็วจึงได้มีการนำคอมพิวเตอร์เข้ามามีส่วนช่วยในการออกแบบ โดยคอมพิวเตอร์จะทำหน้าที่ในส่วนของการคำนวณ การตรวจสอบตามมาตรฐาน และแสดงภาพของหม้อไอน้ำที่ได้ออกแบบไว้อย่างถูกต้องแล้ว ซึ่งจะทำให้ได้หม้อไอน้ำที่ถูกต้องตามมาตรฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Computer Program for Steam Boiler Design

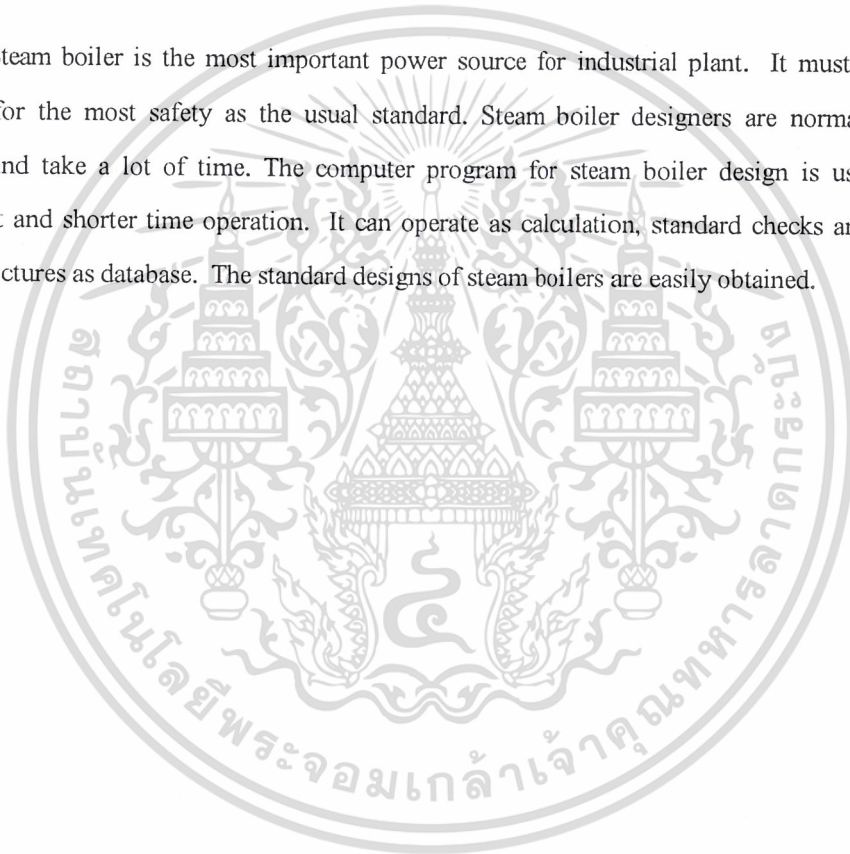
Pulsak Maungnil

Siam Nunthanarutseree

Assist. Prof. Thawatchai Nakpipat Advisor

ABSTRACT

Steam boiler is the most important power source for industrial plant. It must be designed correctly for the most safety as the usual standard. Steam boiler designers are normally obtained complex and take a lot of time. The computer program for steam boiler design is used for more convenient and shorter time operation. It can operate as calculation, standard checks and also show drawing pictures as database. The standard designs of steam boilers are easily obtained.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณบิดา มารดา อันเป็นที่เคารพรักรยิ่ง ซึ่งทำให้ข้าพเจ้าได้ประสบความสำเร็จในทุก ๆ ด้าน และขอขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านที่ให้ความรู้ในสาขาวิชาต่างๆทั้งอาจารย์ที่สถาบันการศึกษาแห่งนี้รวมทั้งอาจารย์ที่เคยให้ความรู้กับข้าพเจ้าในสถาบันการศึกษาอื่นๆในอดีตที่ผ่านมา และอาจารย์ที่ปรึกษาที่ให้คำปรึกษาในด้านการออกแบบ โดยตรง รวมทั้งผู้ที่คอยให้คำแนะนำและสนับสนุนข้าพเจ้าในด้านต่างๆ ทำให้งานสำเร็จด้วยดี

นาย พูลศักดิ์ เมืองนิล

นาย สยาม นันทนรัตน์เสรี



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้าที่

บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่ออังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VII
สารบัญภาพ	VIII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	1
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย	2
1.4 วิธีการดำเนินงาน	2
บทที่ 2 ทฤษฎีประกอบการวิจัย	3
2.1 ความหมายของคำที่ใช้เกี่ยวกับหม้อไอน้ำ	3
2.2 การแบ่งประเภทหม้อไอน้ำ	3
2.3 หม้อไอน้ำแบบท่อไฟ	14
2.4 หม้อไอน้ำแบบท่อน้ำ	21
2.5 ลักษณะของหม้อไอน้ำที่ดี	25
2.6 ข้อดีและข้อเสียของหม้อไอน้ำแบบท่อน้ำและท่อไฟ	25
2.7 โครงสร้างของหม้อไอน้ำ	27
2.8 ส่วนประกอบของตัวหม้อไอน้ำ	27
บทที่ 3 มาตรฐานที่ใช้ในการออกแบบ	34
3.1 การจำแนกหม้อไอน้ำตามมาตรฐาน BSI (British Standards Institution)	34
3.2 Design Pressure	34
3.3 Design Temperature	34
3.4 การหาอุณหภูมิของโลหะ 3.4.1 Design Temperature	38
3.5 Design stress	39
3.6 Cylindrical Shells under Internal Pressure	40
3.7 Boiler supports	40
3.8 การกำหนด circumferential combined stress	42
3.9 Dished and flanged ends	42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้าที่

3.10 Torispherical, semi-ellipsoidal and hemispherical unstayed ends, dished from plate, having pressure on the concave side	42
3.11 Openings in dished ends	45
3.12 Dished and flanged ends	47
3.13 Opening in cylindrical shells	47
3.14 Opening and Branches	48
3.15 Isolated openings in flat end plates support by stays	48
3.16 Branch	49
3.17 Access and inspection	49
3.18 stayed flat surfaces	50
3.19 Gusset stays	55
3.20 Tubes and tube	56
3.21 pitch of tube plates	56
3.22 ความหนาของ tubes ภายใต้ความดันภายใน	57
3.23 ความหนาของ tube plate ภายใน tube nests	57
3.24 Furnaces , furnace components, wet back reversal chambers and fireboxes of cylindrical form subject to external pressure	58
บทที่ 4 การออกแบบและการตรวจสอบ	63
4.1 การออกแบบเพื่อให้ประหยัดพลังงานความร้อน	63
4.2 เชื้อเพลิงที่ใช้	63
4.3 การออกแบบเตาหรือห้องเผาไหม้	63
4.4 ข้อมูลจำเพาะที่ใช้	63
4.5 การคำนวณหาพื้นที่ถ่ายเทความร้อน	64
4.6 หาความยาวของหม้อไอน้ำ,ความยาวของท่อไฟใหญ่,ความยาวของ pass1 และ pass2	65
4.7 Design pressure	65
4.8 Design temperature	66
4.9 Design stress	66
4.10 การหาขนาดความหนาของเปลือกหม้อไอน้ำ	66
4.11 ส่วนประกอบของท่อไฟใหญ่ และหม้อไอน้ำหลังเป็ยก	67
4.12 หาความหนาของท่อไฟเล็ก	68
4.13 ระยะ Pitch	68

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้าที่

บทที่ 5 การเขียน โปรแกรม	69
5.1 ส่วนประกอบของโปรแกรม visual Basic ที่ใช้ในการทำงาน	69
5.2 การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงาน	74
5.3 การสร้างโปรแกรมที่มีหลายฟอร์ม	75
5.4 การเพิ่มฟอร์มเข้าสู่โปรเจ็ค	76
5.5 ตัวแปรในภาษาคอมพิวเตอร์ (Variable)	76
5.6 ชนิดของตัวแปรใน Visual Basic	77
5.7 การประกาศตัวแปรและกฎการตั้งชื่อตัวแปรใน Visual Basic	77
5.8 แปรแบบค่าคงที่	78
5.9 โปรแกรมย่อย	78
5.10 Event Procedure	78
5.11 ขอบเขตของตัวแปร (Scope of variable)	78
5.12 การจัดการกับข้อผิดพลาด	79
5.13 ขั้นตอนการเขียนโปรแกรม	79
5.14 การเขียนโปรแกรมการออกแบบหม้อไอน้ำด้วย visual Basic	80
บทที่ 6 สรุปและวิจารณ์ บรรณานุกรม	107 108

สารบัญตาราง

หน้าที่

ตารางที่ 3-1 value of constant j	51
ตารางที่ 3-2 ความหนาแน่นที่สุดของท่อภายใต้ความดันภายนอก	56
ตารางที่ 3-3 ความหนาแน่นที่สุดของท่อภายใต้ความดันภายใน	57
ตารางที่ 5-1 ชนิดของตัวแปรใน Visual Basic	77



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

หน้าที่

รูปที่ 2-1 หม้อไอน้ำในแนวตั้ง	4
รูปที่ 2-2 หม้อไอน้ำในแนวนอน	4
รูปที่ 2-3 หม้อไอน้ำรถไฟ	5
รูปที่ 2-4 หม้อไอน้ำเรือ	5
รูปที่ 2-5 แบบการวางเตาไฟภายในหม้อไอน้ำชนิดสั้น	6
รูปที่ 2-6 แบบการวางเตาไฟภายในหม้อไอน้ำชนิดยาว	6
รูปที่ 2-7 แบบการวางเตาไฟภายนอกหม้อไอน้ำ	8
รูปที่ 2-8 หม้อไอน้ำแบบท่อน้ำ	8
รูปที่ 2-9 หม้อไอน้ำแบบท่อไฟ	8
รูปที่ 2-10 หม้อไอน้ำแบบเพิ่มความร้อนโดยทางอ้อม	9
รูปที่ 2-11 หม้อไอน้ำแบบแผ่รังสีของชนิดตัว	10
รูปที่ 2-12 เป็นหม้อไอน้ำที่ใช้ไอเสียจากเตาเผาซีเมนต์	10
รูปที่ 2-13 หม้อไอน้ำที่ใช้ความร้อนจากไอเสียของเครื่องกังหันก๊าซ	11
รูปที่ 2-14 เป็นหม้อไอน้ำแบบใช้น้ำดำ	12
รูปที่ 2-15 หม้อไอน้ำที่ใช้ของเหลวพิเศษเป็นสารตัวกลางในการรับความร้อนเป็นเชื้อเพลิง	13
รูปที่ 2-16 หม้อไอน้ำที่ใช้ของเหลวพิเศษเป็นสารตัวกลางในการรับความร้อน	13
รูปที่ 2-17 หม้อไอน้ำแบบใช้ไฟฟ้าเป็นแหล่งความร้อน	14
รูปที่ 2-18 หม้อไอน้ำท่อไฟที่ห้องเผาไหม้อยู่ภายนอกหม้อไอน้ำ	16
รูปที่ 2-19 หม้อไอน้ำแบบท่อไฟที่มีห้องเผาไหม้อยู่ภายในหม้อไอน้ำ	16
รูปที่ 2-20 หม้อไอน้ำแบบท่อไฟที่มีห้องเผาไหม้อยู่ภายในหม้อไอน้ำ	17
รูปที่ 2-21 หม้อไอน้ำแบบท่อไฟที่มีห้องเผาไหม้อยู่ภายในหม้อไอน้ำ	17
รูปที่ 2-22 แบบเตาสั้น	18
รูปที่ 2-23 ลักษณะของท่อไฟใหญ่ที่มีลักษณะเป็นลอน	18
รูปที่ 2-24 ตำแหน่งแก๊สร้อนในแต่ละ pass	19
รูปที่ 2-25 การไหลของแก๊สร้อนในท่อ	19
รูปที่ 2-26 เตาภายในและภายนอกพร้อมจำนวน pass	20
รูปที่ 2-27 แสดงหม้อไอน้ำแบบท่อน้ำที่ใช้ถึงพัก 3 ลูก	22
รูปที่ 2-28 แสดงหม้อไอน้ำแบบท่อน้ำที่มีถึงพักลูกเดียว	22
รูปที่ 2-29 หม้อไอน้ำท่อน้ำตรง	23
รูปที่ 2-30 หม้อไอน้ำท่อน้ำโค้ง	24
รูปที่ 2-31 หม้อไอน้ำรถไฟ	24

สารบัญภาพ(ต่อ)

หน้าที่

รูปที่ 2-32 ส่วนประกอบของตัวหม้อไอน้ำ	30
รูปที่ 2-33 ผนังหม้อไอน้ำแบบต่างๆ	31
รูปที่ 2-34 การยึดท่อไฟเหล็กกับผนังหม้อไอน้ำ	31
รูปที่ 2-35 เหล็กยึดโยงระหว่างผนังกับเปลือกหม้อไอน้ำ	32
รูปที่ 2-36 ลักษณะของคอนกรีตรูปวงรี	33
รูปที่ 3-1 Semi-wet back boiler	35
รูปที่ 3-2 Dry back boiler	35
รูปที่ 3-3 Wet back boiler	36
รูปที่ 3-4 Reverse fired tube boiler	36
รูปที่ 3-5 Vertical boiler	37
รูปที่ 3-6 Relationship between furnace diameter and permissible heat input	38
รูปที่ 3-7 Design of saddle supports	41
รูปที่ 3-8 Typical dished ends	43
รูปที่ 3-9 Shape factor	44
รูปที่ 3-10 Evaluation of coefficient k	46
รูปที่ 3-11 Compensation of welded branch up to one-third of the diameter of the boiler shell	48
รูปที่ 3-12 Use of sub-circles (twin furnace)	52
รูปที่ 3-13 Use of sub-circles (single furnace)	53
รูปที่ 3-14 Bar stays for the rear plate of wet back reversal chambers	54
รูปที่ 3-15 Attachment of welded gusset stays	55
รูปที่ 3-16 Second moments of area I and cross-section area F	59
รูปที่ 3-16 (Continued)	60
รูปที่ 3-16 (Concluded)	61
รูปที่ 4-1 แสดง ความยาวของหม้อไอน้ำ	65
รูปที่ 5-1 แสดงส่วนประกอบของ Visual Basic	69
รูปที่ 5-2 แสดงฟอร์มที่อยู่ในโปรแกรม	70
รูปที่ 5-3 การใช้ Label Control	71
รูปที่ 5-4 การสร้าง Label	71
รูปที่ 5-5 แสดงการกำหนดคุณสมบัติ Label	72
รูปที่ 5-6 การใช้ Text Box	73
รูปที่ 5-7 ตัวอย่างการสร้างปุ่ม Command Button	73

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์กับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญญภาพ(ต่อ)

หน้า

รูปที่ 5-8 ตัวอย่างการใช้ Picture	74
รูปที่ 5-9 หน้าต่างการเขียนโค้ดคำสั่งของโปรแกรม	75
รูปที่ 5-10 แสดงตัวอย่างฟอร์ม MDI	75
รูปที่ 5-11 การเพิ่มฟอร์ม MDI เข้าไปในโปรแกรม	76
รูปที่ 5-12 การออกแบบฟอร์มรับค่าจำเพาะ (Dialog Box)	80
รูปที่ 5-13 การออกแบบฟอร์มเลือกชนิดหม้อ ใอน้ำที่จะคำนวณผล (Dialog Box 1)	81
รูปที่ 5-14 Dialog Box 2	81
รูปที่ 5-15 Dialog Box 3	82
รูปที่ 5-16 Dialog Box 4	82
รูปที่ 5-17 Dialog Box 5	83
รูปที่ 5-18 Dialog Box 6	83
รูปที่ 5-19 Dialog Box 7	84
รูปที่ 5-20 Dialog Box 8	84
รูปที่ 5-21 Dialog Box 9	85
รูปที่ 5-22 Dialog Box 10	85
รูปที่ 5-23 Dialog Box 11	86
รูปที่ 5-24 Dialog Box 12	86
รูปที่ 5-25 Dialog Box 13	87
รูปที่ 5-26 Dialog Box 14	87
รูปที่ 5-27 Dialog Box 15	88
รูปที่ 5-28 Dialog Box 16	88
รูปที่ 5-29 Dialog Box 17	89
รูปที่ 5-30 Dialog Box 18	89
รูปที่ 5-31 Dialog Box 19	90
รูปที่ 5-32 Dialog Box 20	90
รูปที่ 5-33 Dialog Box 21	91
รูปที่ 5-34 Dialog Box 22	91
รูปที่ 5-35 Dialog Box 23	92
รูปที่ 5-36 Dialog Box 24	92
รูปที่ 5-37 Dialog Box 25	93
รูปที่ 5-38 Dialog Box 26	93

สารบัญภาพ(ต่อ)

หน้าที่

รูปที่ 5-39 Dialog Box 27	94
รูปที่ 5-40 Form ที่ 1	94
รูปที่ 5-41 Form MDI	95
รูปที่ 5-42 เข้าโปรแกรมครั้งแรก	103
รูปที่ 5-43 เริ่มการออกแบบคำนวณ	103
รูปที่ 5-44 แสดงรูปแบบคำนวณที่มีให้เลือก	104
รูปที่ 5-45 เข้าการออกแบบที่ 1	104
รูปที่ 5-46 แสดงผลการคำนวณและขนาดความยาว ความหนาของส่วนต่างๆ	105
รูปที่ 5-47 ภาพการคำนวณ End plate	105
รูปที่ 5-48 การคำนวณ Stay	106



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มา

การออกแบบหม้อไอน้ำจะต้องคำนึงถึงความปลอดภัยเป็นสำคัญ แต่การออกแบบที่ดีจะเป็นการประหยัดทั้งทางด้านต้นทุนการผลิตและยังเป็นการประหยัดพลังงานอีกด้วย การใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบจะทำให้สามารถออกแบบได้ตามวัตถุประสงค์ของผู้ออกแบบได้ โดยคอมพิวเตอร์จะตรวจสอบหม้อไอน้ำที่ได้ออกแบบให้เป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนดด้วย

เครื่องกำเนิดไอน้ำหรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า หม้อไอน้ำ คือภาชนะที่บรรจุน้ำแล้วให้ความร้อนกับน้ำในภาชนะจะมีอุณหภูมิสูงและมีความดันสูง เมื่อเดือดกลายเป็นไอแล้วนำไอน้ำนั้นมาใช้งานตรงจุดเริ่มต้นของหม้อไอน้ำตามหลักฐานที่ปรากฏ เริ่มขึ้นเมื่อ 130 ปีก่อน ค.ศ. คือหม้อไอน้ำของฮีโร นักคณิตศาสตร์ชาวอียิปต์ ต่อมาก็มียหม้อไอน้ำของแบลงเค่อ นักฟิสิกส์ชาวอิตาลี แต่หม้อไอน้ำที่มีลักษณะใช้งานได้ดีคือหม้อไอน้ำต้นแบบของปาปิน นักฟิสิกส์ชาวเยอรมนี หม้อไอน้ำแบบของปาปินเป็นเพียงต้นแบบที่จะนำไปพัฒนาและหม้อไอน้ำที่ใช้งานได้จริงเป็นของชะเบรี ซึ่งสร้างขึ้นในปี ค.ศ. 1698 แต่ประสิทธิภาพยังต่ำมาก ต่อมาวิศวกรชาวอังกฤษสร้างหม้อไอน้ำและเครื่องจักรไอน้ำที่มีประสิทธิภาพดีกว่าของชะเบรี และในที่สุดปี ค.ศ. 1765 เจมส์ วัตต์ ได้สร้างเครื่องจักรไอน้ำที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้นมาใช้งานได้ เจมส์วัตต์ จึงถือว่าเป็นบิดาแห่งเครื่องจักรไอน้ำ

สำหรับโครงสร้างหม้อไอน้ำที่เริ่มตั้งแต่ดั้งเดิมคือ เป็นหม้อที่มีฝาปิด แล้วได้พัฒนาเปลี่ยนแปลงเป็นแบบต่าง ๆ จากหม้อไอน้ำหัวทรงกลมที่สร้างได้ง่ายมาเป็นแบบประหยัดเชื้อเพลิงโดยการเพิ่มพื้นที่ถ่ายเทความร้อนให้มากขึ้น แล้วพัฒนามาเป็นหม้อไอน้ำแบบท่อไฟทรงกระบอก (flue-tube boiler) ของคอร์นิชและแลงคาสเชียร์ ต่อมาพัฒนาจนเป็นหม้อไอน้ำแบบท่อไฟเล็กจำนวนมาก (fire tube boiler) ซึ่งก็คือการเอาท่อไฟทรงกระบอกที่มีขนาดใหญ่ (flue tube) มาแบ่งเป็นท่อไฟเล็ก ๆ จำนวนมากนั่นเอง และในทางตรงกันข้ามหม้อไอน้ำได้พัฒนามาเป็นแบบท่อน้ำอีกหลายแบบ (water tube boiler)

ในการพัฒนาหม้อไอน้ำ สิ่งที่เป็นอุปสรรคสำคัญในการพัฒนาคือ

- (1) ต้องมีวัสดุที่ทนความดันและอุณหภูมิได้สูง
- (2) วิธีการสร้างโดยคำนึงถึงประสิทธิภาพเชิงความร้อนและความแข็งแรง
- (3) สภาพของสารตัวกลางที่ใช้ในหม้อไอน้ำ

การสร้างหม้อไอน้ำให้สมบูรณ์แบบได้ทั้ง 3 ประการนั้น เป็นไปด้วยความลำบากแต่ถ้าได้ปรับปรุงประการใดประการหนึ่งให้ดีขึ้น การพัฒนาหม้อไอน้ำจะเป็นไปได้มากทั้งในเรื่องของขนาดและความสามารถในการผลิตไอน้ำ ตลอดจนความดันและอุณหภูมิของไอน้ำที่ผลิตได้จะสูงมากจนทำให้การใช้งานของเครื่องจักรมีประสิทธิภาพสูงด้วย

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาการออกแบบหม้อไอน้ำอย่างมีประสิทธิภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 1.2.2 เพื่อเป็นการพัฒนาทางด้านการออกแบบหม้อไอน้ำและสามารถที่จะลดการนำเข้าหม้อไอน้ำจากต่างประเทศ
- 1.2.3 เพื่อความรวดเร็วและความสะดวกในการออกแบบหม้อไอน้ำให้ได้ตามมาตรฐานที่กำหนด
- 1.2.4 เพื่อให้ได้หม้อไอน้ำที่มีประสิทธิภาพสูงรวมทั้งการประหยัดเชื้อเพลิงที่ใช้อีกด้วย
- 1.2.5 เพื่อเป็นการออกแบบหม้อไอน้ำที่ประหยัดต้นทุนในการผลิตด้วย

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

งานวิจัยนี้จะศึกษาการออกแบบหม้อไอน้ำซึ่งเป็นชนิดท่อไฟ (Fire tube) และการตรวจสอบเพื่อให้ได้หม้อไอน้ำที่มีประสิทธิภาพตามมาตรฐาน BSI (British Standards Institution) เพื่อที่จะนำไปเขียนเป็นโปรแกรมสำเร็จรูปและใช้ในการออกแบบได้ตามวัตถุประสงค์ของผู้ออกแบบ

ออกแบบหม้อไอน้ำตามขนาดมาตรฐานที่มีใช้ในประเทศไทยและตรวจสอบตามมาตรฐาน BSI โดยจะนำแบบของหม้อไอน้ำที่ได้ออกแบบไว้เก็บไว้เป็นฐานข้อมูลที่ใช้กับโปรแกรมสำเร็จรูปที่ได้เขียนขึ้นมาและยังสามารถเข้าไปแก้ไขได้ด้วย

ใช้โปรแกรม Visual Basic 6.0 สร้างฟังก์ชันการทำงานที่ต้องการ โดยการทำงานของโปรแกรมจะแบ่งเป็น การออกแบบ การตรวจสอบ และการทำงานกับฐานข้อมูล ในการทำงานกับฐานข้อมูลนี้จะเชื่อมโยงกับโปรแกรม Auto CAD

1.4 วิธีการดำเนินงาน

เริ่มต้นด้วยการศึกษาหาความรู้และทำความเข้าใจในส่วนต่างๆเกี่ยวกับหม้อไอน้ำและศึกษาทางด้านการออกแบบโดยตรง จากนั้นจึงศึกษาถึงมาตรฐานที่ใช้และทำความเข้าใจ ซึ่งจะเป็ประโยชน์อย่างมากในการออกแบบเพื่อการประหยัดทั้งต้นทุนการผลิตและประหยัดพลังงานที่ใช้อีกด้วย

เมื่อทำการศึกษาเป็นอย่างดีแล้วจึงทำการออกแบบ และทำการตรวจสอบให้เป็นไปตามมาตรฐาน จากนั้นจึงเก็บข้อมูลที่ได้ออกแบบไว้เป็นฐานข้อมูล

สุดท้ายจึงทำการเขียนโปรแกรมโดยใช้ Visual Basic 6.0 และทำเป็นโปรแกรมสำเร็จรูป เมื่อได้แล้วจึงทำการทดสอบการทำงานของโปรแกรมโดยโปรแกรมที่ได้สามารถที่จะยืดหยุ่นได้ตามความต้องการของผู้ออกแบบ

บทที่ 2

ทฤษฎีประกอบการวิจัย

2.1 ความหมายของคำที่ใช้เกี่ยวกับหม้อไอน้ำ

หม้อไอน้ำ (Steam Boiler) หมายถึง เครื่องกำเนิดไอน้ำภาชนะปิด ทำด้วยเหล็กเหนียวหรือวัสดุอื่น ๆ ตามมาตรฐานและได้รับการออกแบบและสร้างอย่างแข็งแรงถูกต้องตามหลักวิศวกรรม ภายในหม้อไอน้ำบรรจุด้วยน้ำส่วนหนึ่ง และอีกส่วนหนึ่งสำหรับเก็บไอน้ำ

ไอน้ำ (Steam) หมายถึง น้ำที่ได้รับพลังงานความร้อนแล้วแยกตัวออกมาอยู่ในสถานะของไอบางส่วน ดังนั้นไอน้ำจึงประกอบไปด้วยของเหลวและไอ เมื่อคัมน์น้ำในภาชนะเปิดน้ำจะกลายเป็นไอน้ำที่อุณหภูมิ 212 องศาฟาเรนไฮต์ หรือ 100 องศาเซลเซียส ที่ความดันบรรยากาศ ถ้าความดันบรรยากาศลดลงจุดเดือดของน้ำจะลดลง แต่ถ้าทำให้ความดันบรรยากาศสูงขึ้น จุดเดือดของน้ำจะเพิ่มขึ้นด้วย การคัมน์น้ำในภาชนะปิด เช่น หม้อไอน้ำ ช่วงแรกไอน้ำจะเดือดที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส แต่ไอน้ำไม่มีทางออกจึงอัดตัวกันแน่นเกิดเป็นความดัน ทำให้จุดเดือดของน้ำสูงขึ้นด้วย ถ้าต้องการทราบว่าไอน้ำที่หม้อไอน้ำผลิตได้มีความดันหนึ่งๆ จะมีอุณหภูมิเท่าใด ดูได้จากตารางไอน้ำ

ความดัน (Pressure) หมายถึง แรงที่กระทำต่อหน่วยพื้นที่ความดันในหม้อไอน้ำเกิดขึ้นจากการที่น้ำได้รับความร้อนจนกลายเป็นไอน้ำ แต่ไม่สามารถออกไปภายนอก จึงเกิดการอัดแน่นเป็นความดัน หน่วยที่ใช้วัดความดันไอน้ำมีหลายอย่างแต่ที่นิยมใช้ ได้แก่ ปอนด์ต่อตารางนิ้ว (psi) กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร (kg/cm^2) บาร์ (bar) และ ปาสคาล (Pa)

อัตราการผลิตไอน้ำ (Steam rate) หมายถึง ความสามารถของหม้อไอน้ำที่ผลิตไอน้ำได้ดังกล่าวในเวลา 1 ชั่วโมง เมื่อมาตรวัดความดันหรือเกจ อ่านค่าได้ 0 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว หรือที่ความดันบรรยากาศไอน้ำจะมีอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส หน่วยที่ใช้เรียกเป็นกิโลกรัมต่อชั่วโมง หรือตันต่อชั่วโมง เช่น หม้อไอน้ำขนาด 5 ตันต่อชั่วโมง หมายถึง หม้อไอน้ำที่มีความสามารถผลิตไอน้ำได้ 5 ตันในเวลา 1 ชั่วโมง

แรงม้าหม้อไอน้ำ (Boiler horsepower) เป็นหน่วยวัดอัตราการผลิตไอน้ำของหม้อไอน้ำอีกแบบหนึ่ง โดยกำหนดว่า 1 แรงม้าหม้อไอน้ำ หมายถึง ความสามารถของหม้อไอน้ำที่ผลิตไอน้ำได้ 34.5 ปอนด์ในเวลา 1 ชั่วโมง โดยการทำให้ไอน้ำในหม้อไอน้ำอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส กลายเป็น ไอน้ำที่มีอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ที่ความดัน 14.7 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว หรืออ่านจากเกจวัดความดันจะมีค่า 0 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เราสามารถเปลี่ยนหน่วยจากแรงม้าหม้อไอน้ำให้เป็นตันต่อชั่วโมงได้ คือ 63.884 แรงม้าหม้อไอน้ำจะมีค่าเท่ากับ 1 ตันต่อชั่วโมง (1 กิโลกรัม = 2.204 ปอนด์)

2.2 การแบ่งประเภทหม้อไอน้ำ

หม้อไอน้ำสร้างขึ้นมามีจุดประสงค์เดียวเท่านั้นคือ ผลิตไอน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพแต่ไอน้ำที่ผลิตได้นั้นมีลักษณะและวิธีการนำไปใช้ที่แตกต่างกัน ฉะนั้นการออกแบบหม้อไอน้ำจึงมีหลายชนิดตามความเหมาะสมกับการใช้งาน หม้อไอน้ำแบ่งออกได้ 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ หม้อไอน้ำแบบหลอดน้ำและหม้อไอน้ำแบบหลอดไฟ แต่โดยทั่วไปๆ ไปสามารถแบ่งละเอียดออกได้ 5 ประเภท ดังนี้

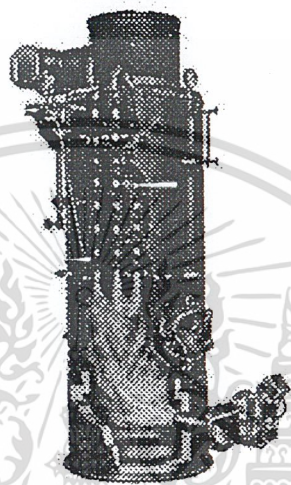
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์หรือการเรียงในเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ใดเห็นการใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1 แบ่งตามลักษณะการวางแนวแกนของเปลือกหม้อไอน้ำ

การแบ่งแบบนี้เป็นการแบ่งตามลักษณะการวางแนวของแกนหม้อไอน้ำ ซึ่งยังแบ่งย่อยออกเป็น 2 แบบคือ

2.2.1.1 หม้อไอน้ำในแนวตั้ง

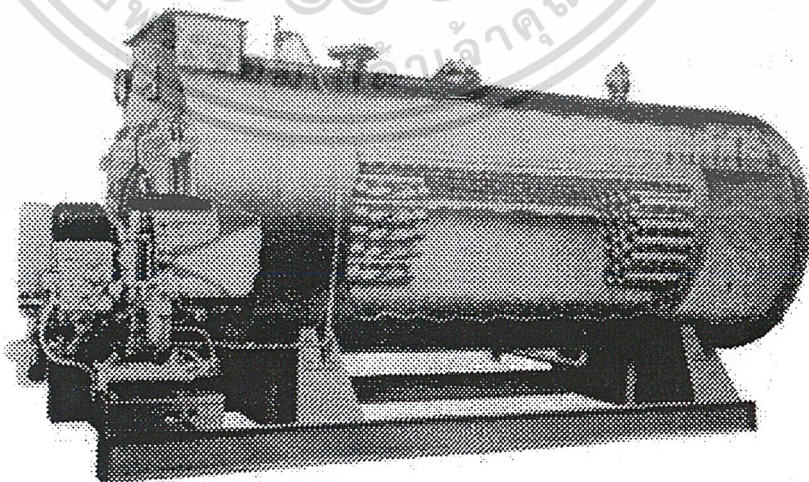
คือการวางแนวแกนของเปลือกหม้อไอน้ำในแนวตั้งหรือในแนวตั้งฉากกับพื้น ตามรูปที่ 2-1



รูปที่ 2-1 หม้อไอน้ำในแนวตั้ง

2.2.1.2 หม้อไอน้ำในแนวนอน

คือการวางแนวแกนของเปลือกหม้อไอน้ำในแนวนอนกับพื้น ตามรูปที่ 2-2



รูปที่ 2-2 หม้อไอน้ำในแนวนอน

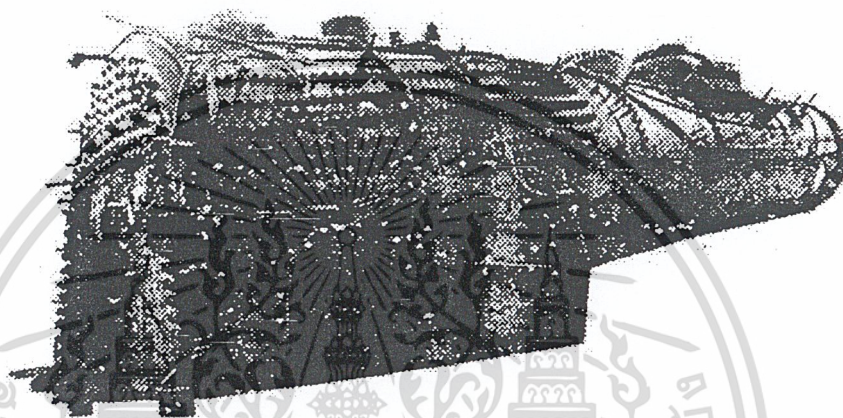
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 แบ่งตามลักษณะการใช้งาน

หม้อไอน้ำแบบนี้จะมีชื่อเรียกแตกต่างกันออกไปตามลักษณะการใช้งานตามตัวอย่าง เช่น

2.2.2.1 หม้อไอน้ำรถไฟ

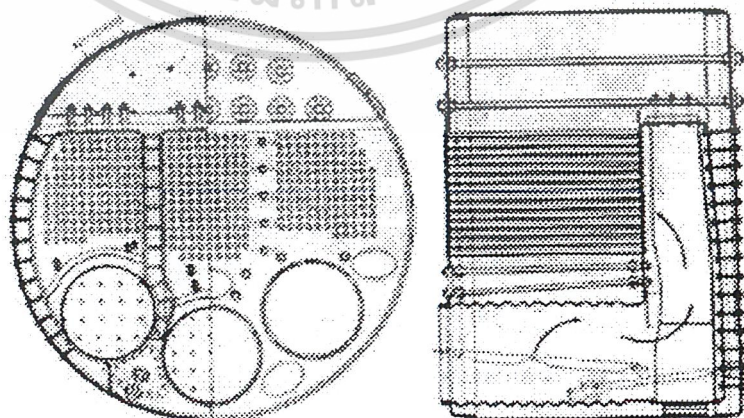
ตามรูปที่ 2-3 เป็นรูปหม้อไอน้ำที่ใช้กับรถไฟจึงเรียกว่าหม้อไอน้ำรถไฟ หม้อไอน้ำรถไฟต้องออกแบบให้มีประสิทธิภาพสูงเพราะว่าในหัวรถจักรไอน้ำมีเนื้อที่น้อย ดังนั้นจึงต้องออกแบบให้ประสิทธิภาพสูงแต่ต้องมีขนาดเล็กกระทัดรัด ความดันที่ใช้งานประมาณ 20 บาร์



รูปที่ 2-3 หม้อไอน้ำรถไฟ

2.2.2.2 หม้อไอน้ำเรือ

ตามรูปที่ 2-4 เป็นหม้อไอน้ำที่ใช้กับเรือเดินสมุทร ดังนั้นจึงต้องออกแบบให้มีรูปร่างไปในทางสูง และต้องมีประสิทธิภาพสูงเนื่องจากเนื้อที่ในเรือมีน้อยและต้องใช้เนื้อที่เป็นระวางบรรทุกสินค้ามากที่สุด หม้อไอน้ำที่ใช้ในเรือต้องมีขนาดเล็กกระทัดรัด



รูปที่ 2-4 หม้อไอน้ำเรือ

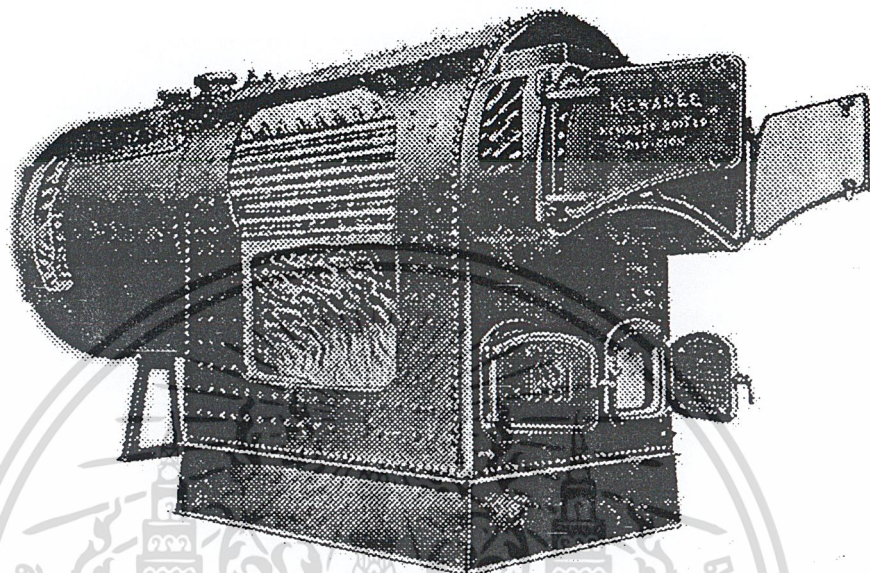
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3 แบ่งตามตำแหน่งการวางเตาไฟ

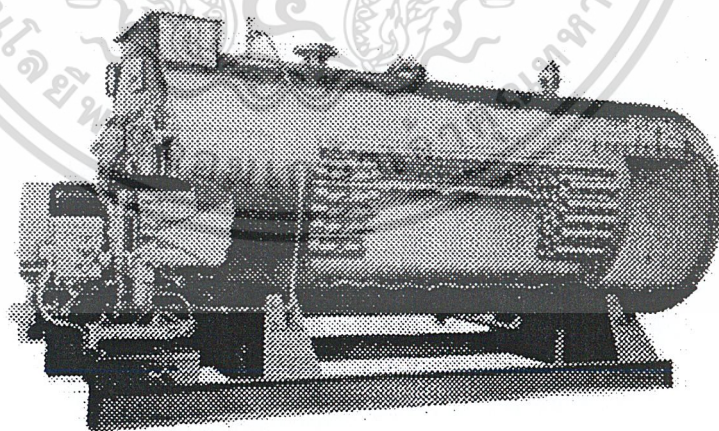
หม้อไอน้ำที่แบ่งตามตำแหน่งการวางเตาไฟมี 2 แบบคือ

2.2.3.1 แบบการวางเตาไฟภายในหม้อไอน้ำ

ตามรูปที่ 2-5 และรูปที่ 2-6



รูปที่ 2-5 แบบการวางเตาไฟภายในหม้อไอน้ำชนิดสั้น

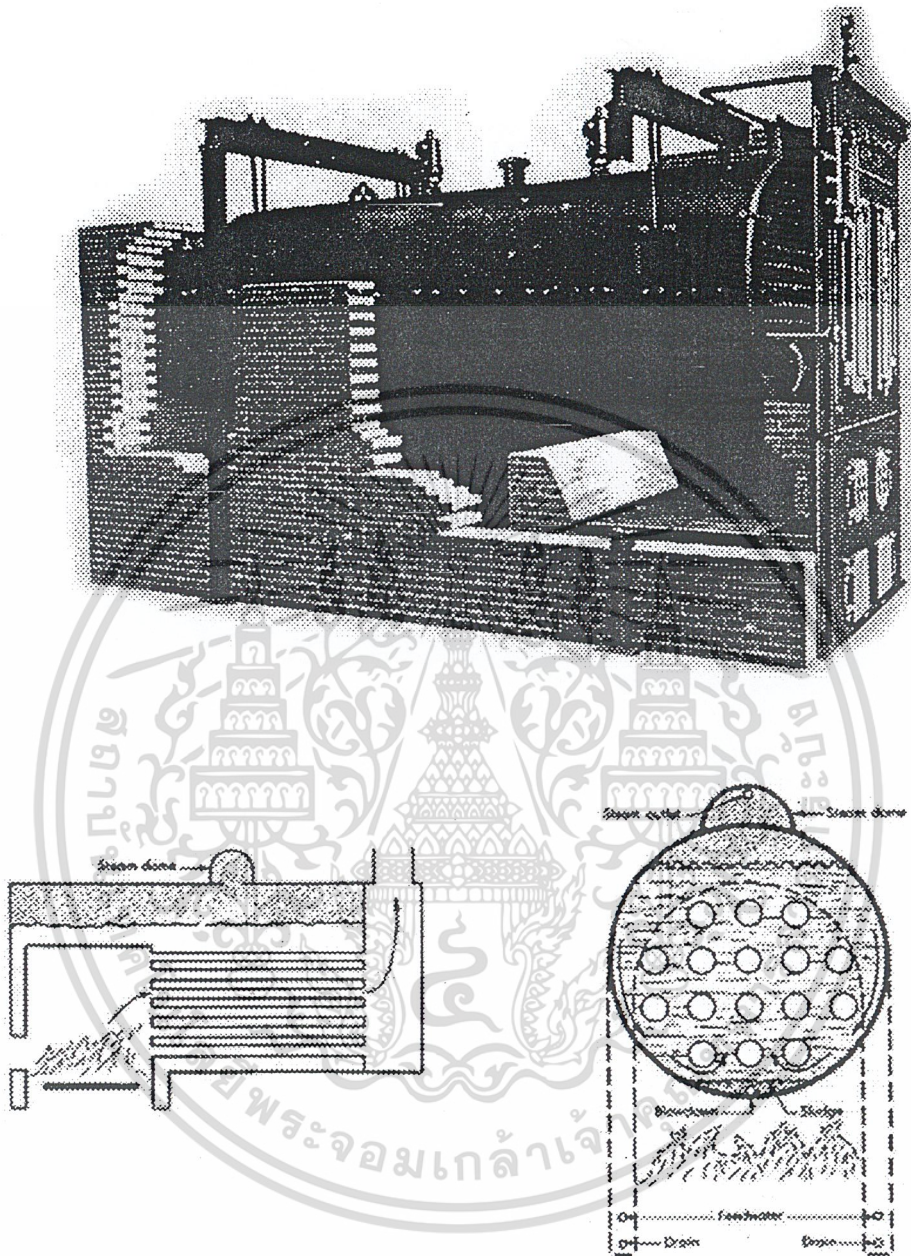


รูปที่ 2-6 แบบการวางเตาไฟภายในหม้อไอน้ำชนิดยาว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3.2 แบบการวางเตาไฟภายนอกหม้อไอน้ำ

ตามรูปที่ 2-7 เป็นหม้อไอน้ำแบบเตาไฟอยู่ภายนอกหม้อไอน้ำ



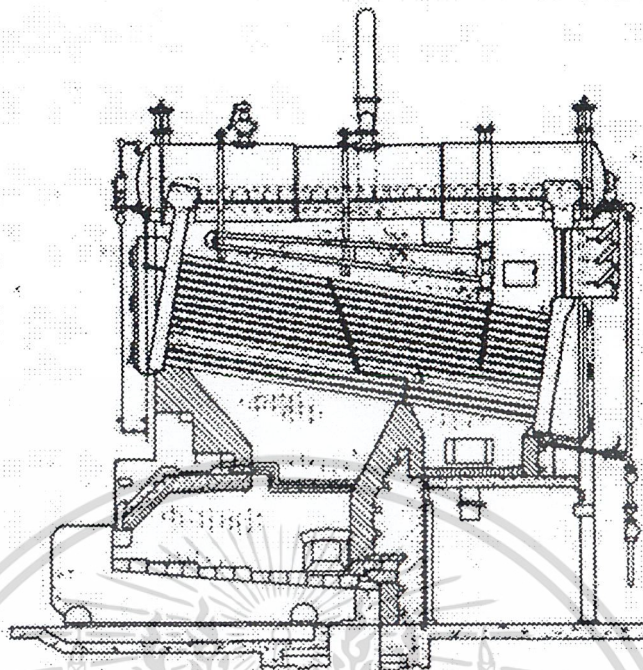
รูปที่ 2-7 แบบการวางเตาไฟภายนอกหม้อไอน้ำ

2.2.4 แบ่งตามการไหลของน้ำและก๊าซร้อน

หม้อไอน้ำประเภทนี้ยังแบ่งย่อยออกได้เป็น 2 แบบคือ

2.2.4.1 หม้อไอน้ำแบบท่อน้ำ (water tube steam boiler)

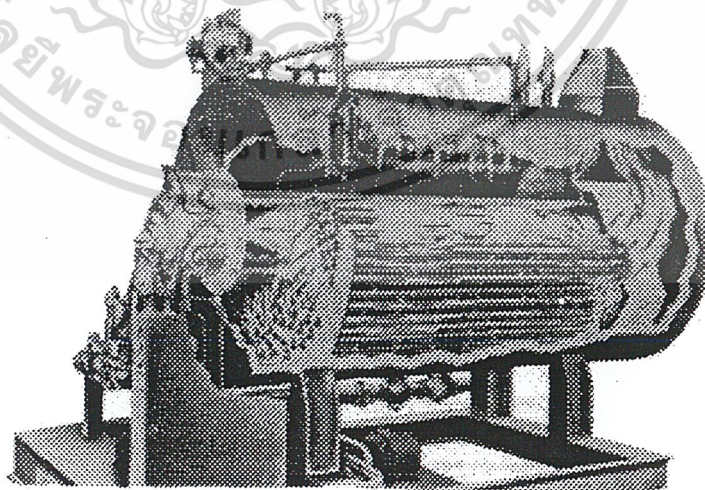
ตามรูปที่ 2-8 เป็นหม้อไอน้ำแบบท่อน้ำคือ มีน้ำไหลในท่อและก๊าซร้อนอยู่ภายนอกรอบ ๆ ท่อน้ำ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2-8 หม้อไอน้ำแบบท่อน้ำ

2.2.4.2 หม้อไอน้ำแบบท่อไฟ (fire tube steam boiler)

ตามรูปที่ 2-9 เป็นหม้อไอน้ำแบบท่อไฟ คือ เป็นหม้อไอน้ำที่มีก๊าซร้อนไหลอยู่ในท่อ ส่วนน้ำจะอยู่ภายนอกที่รอบท่อไฟหรือรอบก๊าซร้อน



รูปที่ 2-9 หม้อไอน้ำแบบท่อไฟ

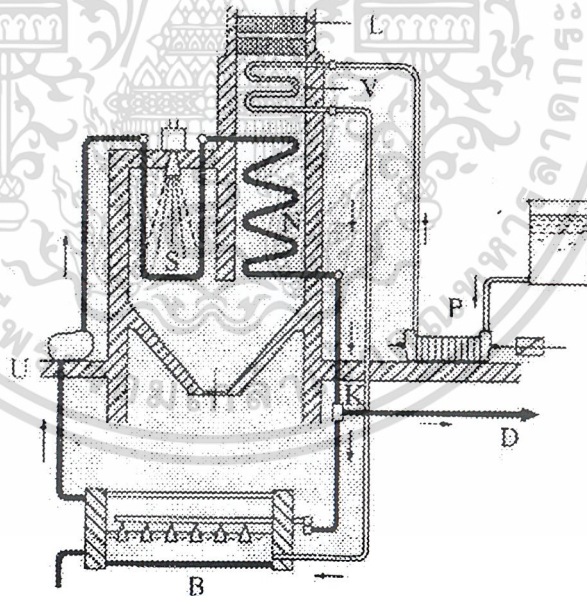
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.5 หม้อไอน้ำที่สร้างขึ้นเป็นพิเศษ

เป็นหม้อไอน้ำที่สร้างขึ้นใช้งานเป็นพิเศษ เช่น ใช้สารตัวกลางที่ต่างไปจากน้ำ หรือเป็นหม้อไอน้ำที่ได้รับความร้อนจากแหล่งความร้อนที่แปลกไปจากแบบธรรมดา เช่น ใช้ความร้อนจากไฟฟ้า จากไอเสีย เครื่องยนต์ ฯลฯ หม้อไอน้ำแบบนี้แบ่งออกเป็น 5 แบบดังนี้

2.2.5.1 หม้อไอน้ำแบบเพิ่มความร้อนโดยทางอ้อม

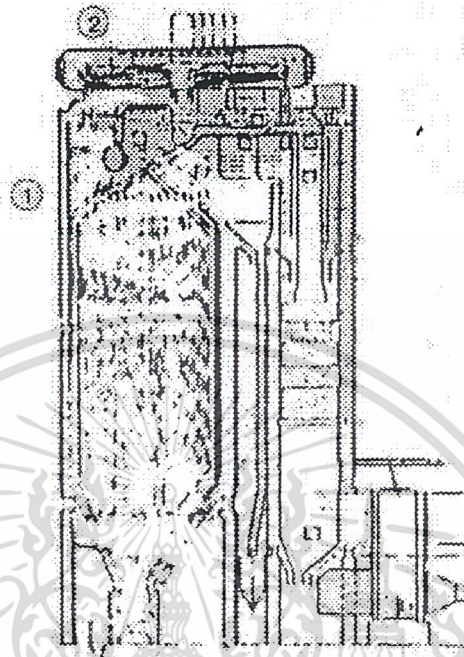
(แบบกลายเป็นไอ 2 ตอนหรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่าหม้อไอน้ำแบบเลิฟเลอร์) หม้อไอน้ำแบบนี้ใช้ไค้ผลดีในกรณีที่ไม่สามารถนำเอาน้ำที่ผ่านการควบแน่นกลับมาใช้อีก แต่ในปัจจุบันนี้เทคนิคในการปรุงแต่งน้ำเลี้ยง (feed water) เพื่อป้อนเข้าสู่หม้อไอน้ำก้าวหน้าไปมากจึงไม่ค่อยนิยมใช้อีกต่อไปตามรูปที่ 2-10 เป็นหม้อแบบแผ่รังสีของเลิฟเลอร์ หม้อไอน้ำแบบนี้อาจมีแหล่งความร้อนจากเตาปฏิกรณ์ปรมาณูก็ได้ มีหลักการทำงานดังนี้ ถึงผลิตไอน้ำขนาดใหญ่ B ติดตั้งอยู่ภายในเตาไฟ ไอน้ำที่เกิดขึ้นจะเป็นไออิ่มตัวที่มีความดันประมาณ 100 บาร์ ถึง 150 บาร์ ไอน้ำจะถูกบีบด้วยปั๊ม U จนมีความดันเพิ่มขึ้น 3.5 ถึง 4.5 เท่า และส่งเข้าอุปกรณ์ดงไอโดยรับความร้อนจากการแผ่รังสีที่ S และจะผ่านอุปกรณ์ดงไออีกชุดหนึ่ง โดยการพาความร้อนที่ N ซึ่งอยู่ภายในเตาไฟ ไอน้ำที่ S จะมีอุณหภูมิประมาณ 400 องศาเซลเซียส และที่ N จะมีอุณหภูมิประมาณ 500 องศาเซลเซียส ไอน้ำจะถูกแยกออกเป็น 2 ส่วนที่ K ประมาณ 1 ใน 3 จะถูกส่งไปยังเครื่องกังหันไอน้ำ ที่เหลือ 2 ใน 3 จะไปพ่นเป็นฝอยในถังผลิตไอน้ำขั้นแรกคือ ถัง B เพื่อเพิ่มความร้อนให้น้ำและจะทำให้ น้ำส่วนหนึ่งกลายเป็นไอ การพ่นของไอน้ำมีเสียงดังมาก



รูปที่ 2-10 หม้อไอน้ำแบบเพิ่มความร้อนโดยทางอ้อม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

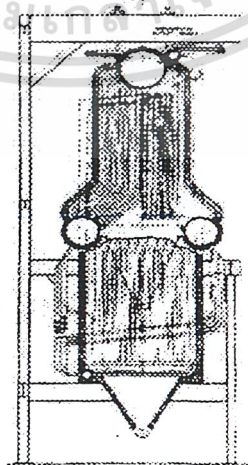
ตามรูปที่ 2-11 เป็นหม้อไอน้ำแบบรับความร้อนโดยอ้อมเรียกว่า หม้อไอน้ำแบบแผ่รังสีของชมิตต์ การทำงานทำโดยใช้ไอน้ำได้ในถังที่ 1 ไปอุ่นน้ำในถังที่ 2 จนทำให้น้ำในถังที่ 2 ร้อนกลายเป็นไอน้ำที่จะนำไปใช้งานคือ ไอน้ำที่ได้จากถังที่ 2



รูปที่ 2-11 หม้อไอน้ำแบบแผ่รังสีของชมิตต์

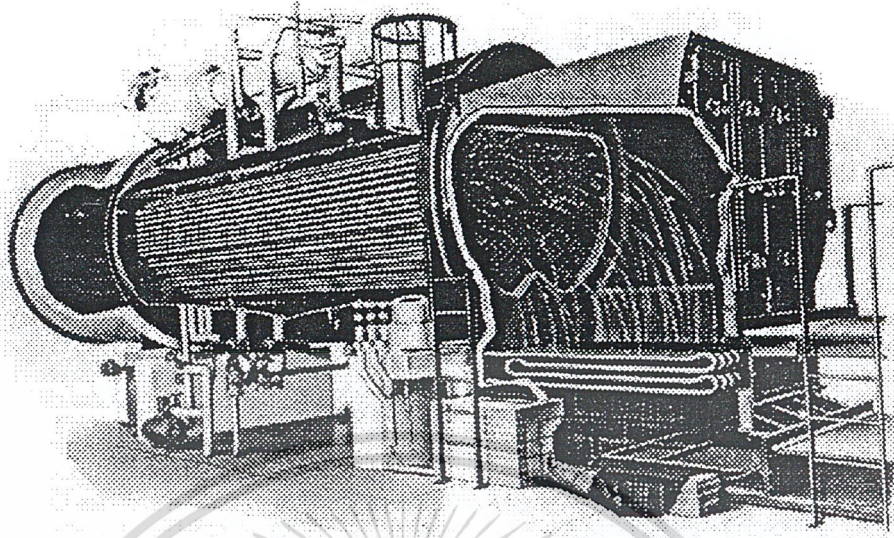
2.2.5.2 หม้อไอน้ำแบบใช้ไอเสียเป็นแหล่งความร้อน (waste-heat boiler)

เป็นหม้อไอน้ำที่ใช้ไอเสียจากเครื่องชนิดดีเซล ไอเสียจากเครื่องกังหันก๊าซ หรือไอเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมอื่น ๆ ตามรูปที่ 2-12 เป็นหม้อไอน้ำที่ใช้ไอเสียจากเตาเผาซีเมนต์ และตามรูปที่ 2-13 เป็นหม้อไอน้ำที่ใช้ความร้อนจากไอเสียของเครื่องกังหันก๊าซ



รูปที่ 2-12 เป็นหม้อไอน้ำที่ใช้ไอเสียจากเตาเผาซีเมนต์

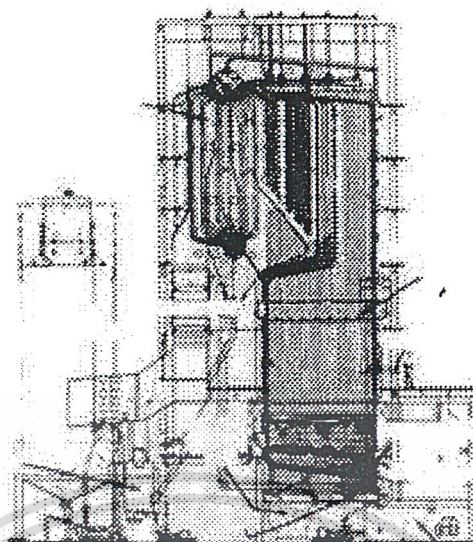
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2-13 หม้อไอน้ำที่ใช้ความร้อนจากไอเสียของเครื่องกังหันก๊าซ

2.2.5.3 หม้อไอน้ำแบบใช้วัสดุเหลือใช้เป็นเชื้อเพลิง

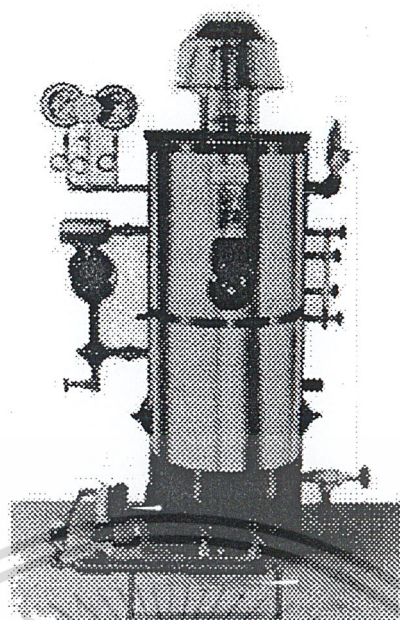
ในประเทศกสิกรรมมีวัสดุเหลือใช้จากการเกษตรมาก เช่น แกลบ กากอ้อย ชี้น้ำขี้ มูล ช้างข้าวโพด เป็นต้น ตามรูปที่ 2-14 เป็นหม้อไอน้ำแบบใช้น้ำค้ำเป็นเชื้อเพลิง น้ำค้ำเป็นน้ำที่ได้จากโรงงานผลิตเยื่อกระดาษโดยใช้ด่างเป็นตัวทำละลายเยื่อไม้ หลังจากแยกเยื่อไม้ออกจะเหลือน้ำที่เป็นสีค้ำ และจะนำน้ำสีค้ำนี้ไปแยกด่างกลับมาใช้งานได้อีก น้ำสีค้ำที่แยกด่างและเยื่อไม้ออกแล้วเรียกว่า น้ำค้ำในน้ำค้ำจะมีของแข็งประเภทเซลลูโลสผสมอยู่ประมาณ 10 ถึง 18 เปอร์เซ็นต์ หม้อไอน้ำที่ใช้น้ำค้ำเป็นเชื้อเพลิงมี 2 แบบ คือแบบของสหรัฐอเมริกาและแบบของสวีเดน ตามรูปที่ 2-14 เป็นแบบของสหรัฐอเมริกามีชื่อเรียกว่า แบบทอมลินสัน การนำน้ำค้ำมาใช้งานทำได้โดยการนำน้ำค้ำไปผ่านหม้อระเหยแบบวนจูลีเพื่อให้น้ำระเหยออกไป ทำให้เปอร์เซ็นต์ของแข็งที่ผสมอยู่เข้มข้นประมาณ 60 ถึง 65 เปอร์เซ็นต์ และมีอุณหภูมิสูงถึง 110 องศาเซลเซียสแล้วน้ำค้ำนี้จะถูกพ่นเข้าไปในเตาหม้อไอน้ำให้เป็นฝอยไปเกาะติดตามผนังเตา น้ำค้ำที่พ่นออกไปจะมีเม็ดโตเมื่อผ่านก๊าซร้อนที่ได้จากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงในเตาก็จะระเหยและแห้งเมื่อเกาะกันพอกพูนหนาเพิ่มมากขึ้นจะมีน้ำหนักมากขึ้นจะตกลงไปยังก้นเตา และจะเกิดการเผาไหม้เหมือนเชื้อเพลิงแข็งธรรมดา



รูปที่ 2-14 เป็นหม้อไอน้ำแบบใช้น้ำดำเป็นเชื้อเพลิง

2.2.5.4 หม้อไอน้ำที่ใช้ของเหลวพิเศษเป็นสารตัวกลางในการรับความร้อน

ไซเคิลไอน้ำ 2 ชนิดที่ใช้ปรอทเป็นสารตัวกลางในการผลิตไอน้ำทางด้านความดันสูง และใช้น้ำเป็นสารตัวกลางในการผลิตไอน้ำทางด้านความดันต่ำ หรือหม้อไอน้ำที่ใช้สารเคมีพิเศษที่ชื่อว่า คิวเรียมแทนน้ำ หรือหม้อไอน้ำที่ใช้น้ำมันพิเศษที่เรียกว่า นีโอ-เอสเค (Neo-sk) เป็นสารตัวกลาง หม้อไอน้ำที่ใช้คิวเรียมเป็นสารตัวกลางแทนน้ำมีใช้ในสหรัฐอเมริกาสารตัวกลางคิวเรียมนี้ผลิตขึ้นโดยบริษัทคิวเรียมคัลสารเคมีคิวเรียมมีหลายชนิด ที่นิยมใช้มีคิวเรียม A และคิวเรียม E คิวเรียม A คือสารประกอบจิปซีนออกไซด์ $[(C_6H_5)_2O]$ และคิวเรียม E คือสารประกอบจิปซีน $[(C_6H_5)_2]$ โดยที่คิวเรียม A มีจุดหลอมเหลวที่ 27 องศาเซลเซียสในความดันบรรยากาศ ส่วนคิวเรียม E มีจุดหลอมเหลวที่ 69 องศาเซลเซียสในความดันบรรยากาศ ปริมาณที่ใช้ส่วนผสมทั้งสองคือ ใช้คิวเรียม A 73.5 เปอร์เซ็นต์ และคิวเรียม E 26.5 เปอร์เซ็นต์ เมื่อผสมกันจุดหลอมเหลวจะเป็น 12 องศาเซลเซียสที่ความดันบรรยากาศและจะไม่แข็งตัวที่อุณหภูมิห้อง ส่วนน้ำมันนีโอ-เอสเค และเนคลอนมีคุณสมบัติคล้ายคิวเรียมแต่เป็นสารเคมีที่ผลิตขึ้นในประเทศญี่ปุ่น เนื่องจากสารตัวกลางดังกล่าวมีราคาแพง แต่มีคุณสมบัติที่สามารถรับความร้อนแล้วระเหยกลายเป็นไอน้ำที่อุณหภูมิต่ำ ดังนั้นขนาดหม้อไอน้ำที่ใช้สารตัวกลางพิเศษเหล่านี้จึงมีขนาดเล็ก ดังแสดงในรูปที่ 2-15 และรูปที่ 2-16



รูปที่ 2-15 หม้อไอน้ำที่ใช้ของเหลวพิเศษเป็นสารตัวกลางในการรับความร้อน

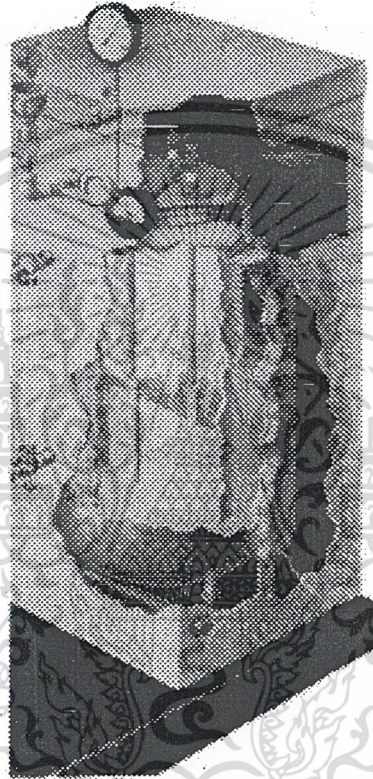


รูปที่ 2-16 หม้อไอน้ำที่ใช้ของเหลวพิเศษเป็นสารตัวกลางในการรับความร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.5.5 หม้อไอน้ำแบบใช้ไฟฟ้าเป็นแหล่งความร้อน

แบ่งเป็น 2 แบบคือ แบบมีขั้วไฟฟ้า ใช้น้ำเป็นตัวต้านทาน โดยปล่อยกระแสไฟฟ้าให้ไหลระหว่างขั้วไฟฟ้าทั้งสองก็จะทำให้น้ำร้อนจนกลายเป็นไอ กับอีกแบบหนึ่งใช้ขดลวดความต้านทานแบบที่นิยมใช้คือแบบขั้วไฟฟ้าเพราะว่าใช้กับน้ำที่มีแร่ธาตุผสมอยู่ได้ไม่ต้องปรุงแต่งน้ำเลี้ยงแต่มีข้อเสียคือต้องปล่อยน้ำทิ้ง (blow-down) บ่อย ๆ เพราะเกลือแร่ในน้ำจะเข้มข้นมากขึ้นทำให้ความต้านทานสูงมากขึ้น จะเป็นการเปลืองกระแสไฟฟ้ามากขึ้นและการปล่อยน้ำทิ้งเป็นการสูญเสียความร้อนมากด้วย ดังแสดงในรูปที่ 2-17



รูปที่ 2-17 หม้อไอน้ำแบบใช้ไฟฟ้าเป็นแหล่งความร้อน

2.3 หม้อไอน้ำแบบท่อไฟ

Steel firetube boilers จำแนกได้หลายประเภทดังนี้ คือ

1. External Furnace
 - a. Horizontal return tubular (HRT)
 - b. Short firebox
 - c. Compact
2. Internal furnace
 - a. Horizontal tubular
 - (1) Locomotive
 - (2) Short firebox

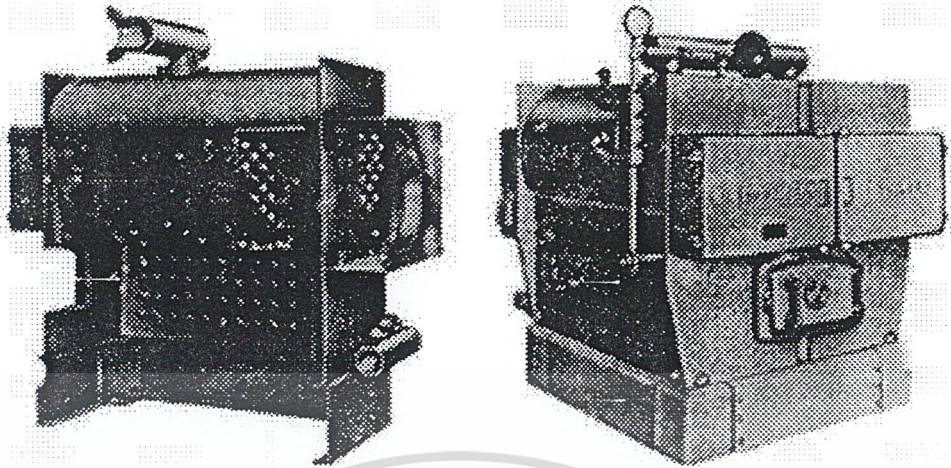
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- (3) Compact
- (4) Scotch
 - (a) Dry back (Clyde dry-back)
 - (b) Wet back (Scotch marine)
 - (c) Wet-top
- (5) Package scotch
 - (a) Dry -back, Wet-back, and Wet-top
 - (b) Two-, three-, and four-pass
- b. Vertical tubular
 - (1) Steam jenny , plain or submerged head
 - (a) Straight-shell
 - (b) Manning
 - (c) Tapered-course
- c. Residential

หม้อไอน้ำแบบท่อไฟมีหลักการทำงานดังนี้ เมื่อก๊าซร้อนไหลผ่านท่อไฟและรอบ ๆ หรือท่อไฟภายนอกมีน้ำหล่อเลี้ยง ความร้อนจากก๊าซร้อนจะถ่ายเทให้กับน้ำทำให้น้ำกลายเป็นไอน้ำไปใช้งานได้ โดยปกติหม้อไอน้ำแบบท่อไฟมีขนาดเล็ก ใช้งานที่ความดันไม่เกิน 20 บาร์ มีความสามารถในการผลิตไอน้ำได้ไม่เกิน 10 ตันต่อชั่วโมง ไอน้ำที่ผลิตได้จากหม้อไอน้ำแบบนี้จะเป็น ไออิมตัวเท่านั้น หม้อไอน้ำแบบท่อไฟแบ่งตามลักษณะโครงสร้างออกเป็น 2 แบบคือ

2.3.1 หม้อไอน้ำท่อไฟที่ห้องเผาไหม้อยู่ภายนอกหม้อไอน้ำ

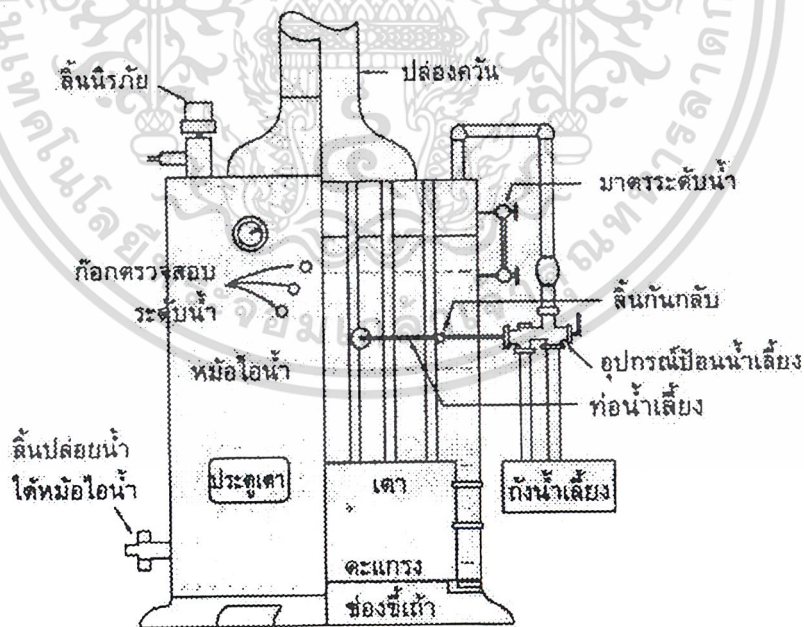
ตามรูปที่ 2-18 เป็นหม้อไอน้ำท่อไฟที่วางในแนวนอนที่มีห้องเผาไหม้อยู่นอกหม้อไอน้ำ หรือจะเรียกว่า เตานอกก็ได้ การไหลวนของก๊าซร้อนอาจจะจัดให้ไหลวนหลายเที่ยวก็ได้ ซึ่งเรียกว่าจำนวนกลับของไฟ การไหลวนของก๊าซร้อนหลายกลับมีจุดประสงค์เพื่อให้ความร้อนถ่ายเทให้กับน้ำในหม้อไอน้ำได้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ ซึ่งก็จะเป็นการผลิตไอน้ำอย่างมีประสิทธิภาพและเป็นการประหยัดเชื้อเพลิงโดยได้ความร้อนจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงมาใช้มากที่สุด



รูปที่ 2-18 หม้อไอน้ำท่อไฟที่ห้องเผาไหม้อยู่ภายนอกหม้อไอน้ำ

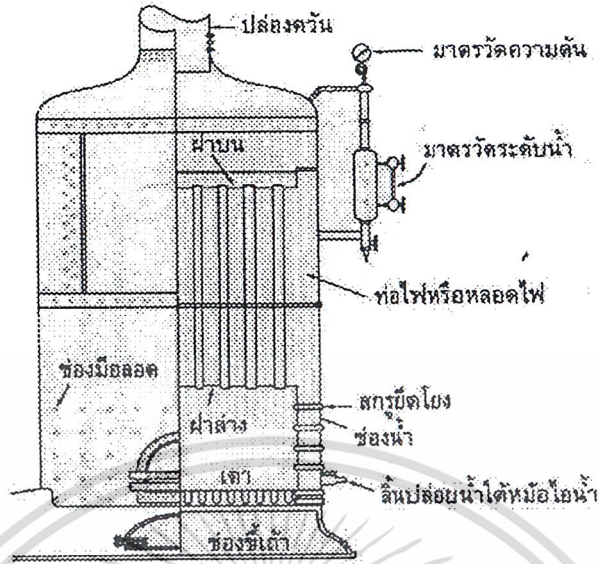
2.3.2 หม้อไอน้ำแบบท่อไฟที่มีห้องเผาไหม้อยู่ภายในหม้อไอน้ำ

ตามรูปที่ 2-19 ถึงรูปที่ 2-21 แสดงหม้อไอน้ำแบบท่อไฟที่มีห้องเผาไหม้อยู่ภายในหม้อไอน้ำแบบต่างๆ

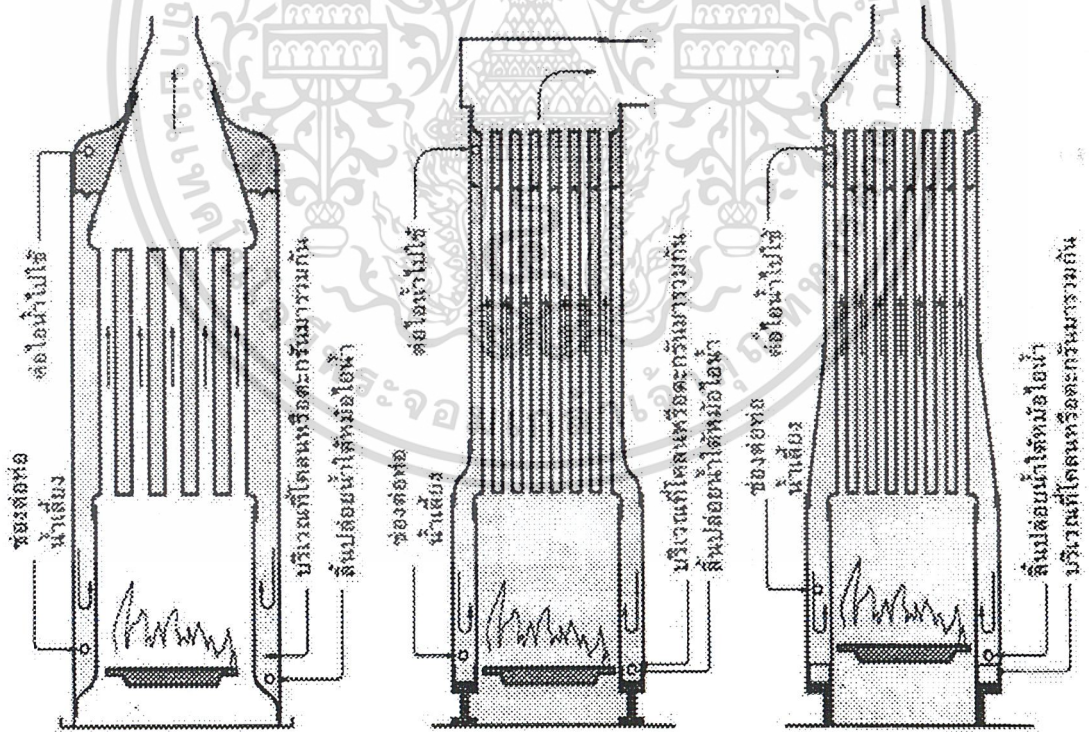


รูปที่ 2-19 หม้อไอน้ำแบบท่อไฟที่มีห้องเผาไหม้อยู่ภายในหม้อไอน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



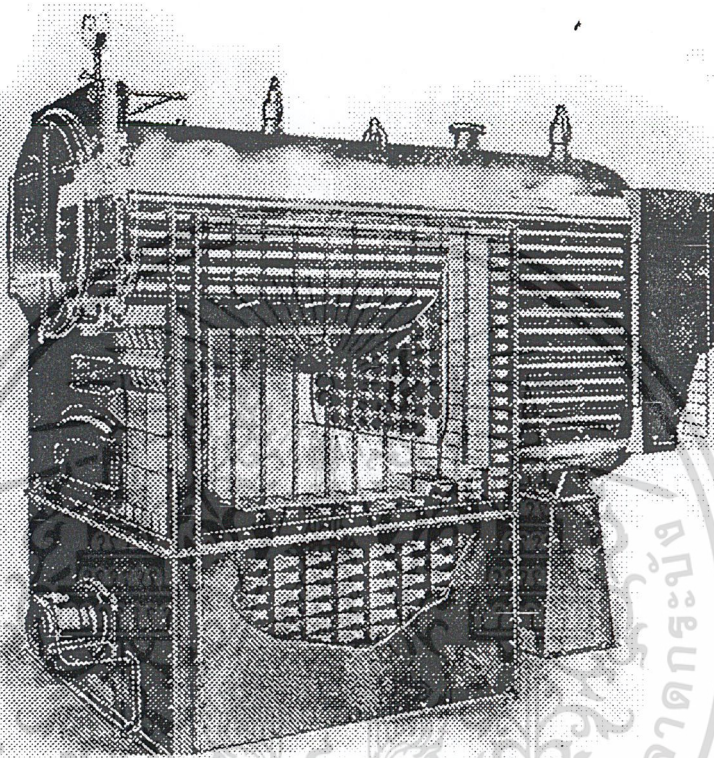
รูปที่ 2-20 หม้อไอน้ำแบบท่อไฟที่มีห้องเผาไหม้อยู่ภายในหม้อไอน้ำ



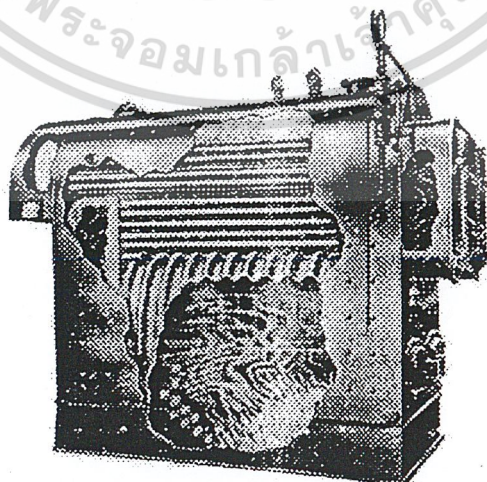
รูปที่ 2-21 หม้อไอน้ำแบบท่อไฟที่มีห้องเผาไหม้อยู่ภายในหม้อไอน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนี้ยังมีหม้อไอน้ำแบบท่อไฟที่มีเตาภายในอีกหลายแบบ เช่น แบบเตาสันซึ่งหมายความว่า เตาไฟไม่ได้คลุมถึงบริเวณส่วนที่บรรจุน้ำทั้งหมด ตามรูปที่ 2-22 และแบบเตายาวตามรูปที่ 2-23 หม้อไอน้ำตามรูปที่ 2-23 แสดงให้เห็นลักษณะของท่อไฟใหญ่ที่มีลักษณะเป็นลอนหรือเป็นลูกคลื่น ลักษณะนี้มีภาษาที่ใช้แพร่หลายในท้องถิ่นว่าหม้อไอน้ำแบบลูกหมู ลักษณะของลอนเตาไฟใหญ่มีไว้เพื่อให้ก๊าซร้อนไหลแบบหมุนวนซึ่งจะทำให้คลื่นก๊าซร้อนสัมผัสกับท่อไฟได้ดี จะมีการถ่ายเทความร้อนดี



รูปที่ 2-22 แบบเตาสัน

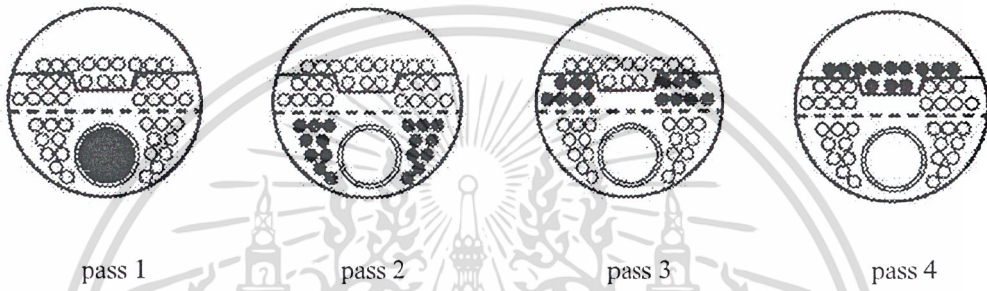


รูปที่ 2-23 ลักษณะของท่อไฟใหญ่ที่มีลักษณะเป็นลอน

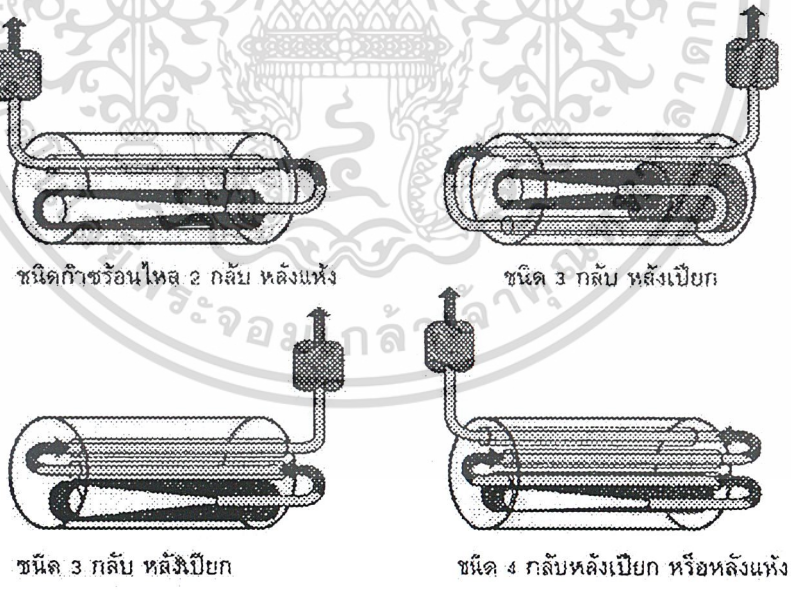
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.3 หม้อไอน้ำเป็นชุดสำเร็จรูป

หม้อไอน้ำเป็นชุดสำเร็จรูป (packaged boilers) นอกจากหม้อไอน้ำแบบท่อไฟแบบต่าง ๆ ดังได้อธิบายมาแล้วใน หม้อไอน้ำแบบท่อไฟที่ทันสมัยในปัจจุบันนิยมสร้างเป็นแบบหม้อไอน้ำสำเร็จรูป และมีการออกแบบให้ก๊าซร้อนไหลวนเวียนภายในหม้อไอน้ำหลายกลับ ทำให้ก๊าซร้อนไหลวนเวียนได้นานขึ้น ซึ่งจะได้ความร้อนจากก๊าซมากเป็นการใช้เชื้อเพลิงในการผลิตไอน้ำอย่างมีประสิทธิภาพสูง ทำให้ประหยัดเชื้อเพลิงในการผลิตไอน้ำได้มาก การไหลของก๊าซร้อนหลายกลับที่นิยมสร้างกันไม่เกินจำนวน 4 กลับ ถ้ามากกว่านี้จะทำให้ประสิทธิภาพในการเผาไหม้เชื้อเพลิงไม่ดี มีการสูญเสียความร้อนมาก ดังแสดงในรูปที่ 2-24 ถึงรูปที่ 2-26

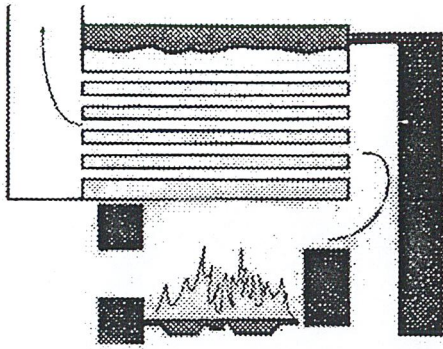


รูปที่ 2-24 ตำแหน่งแก๊สร้อนในแต่ละ pass

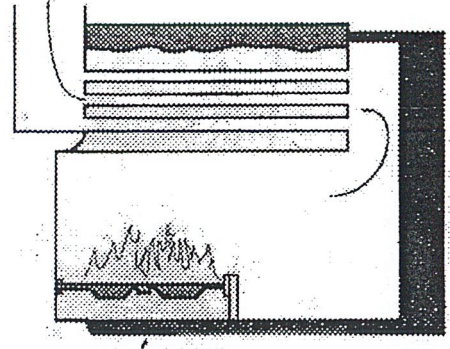


รูปที่ 2-25 การไหลของแก๊สร้อนในท่อ

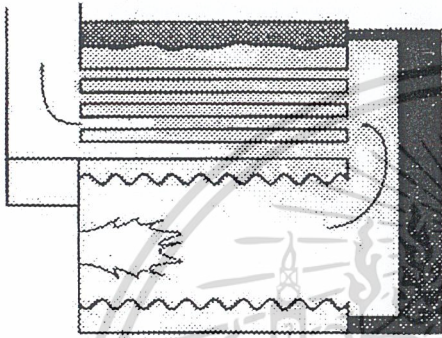
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



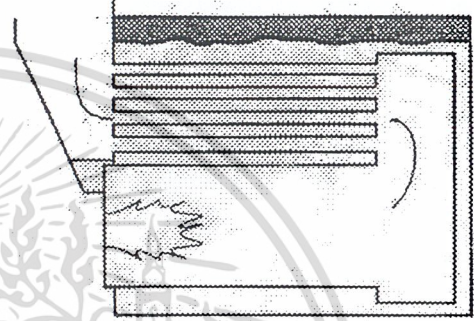
เตานอก ไฟ 2 กลีบ



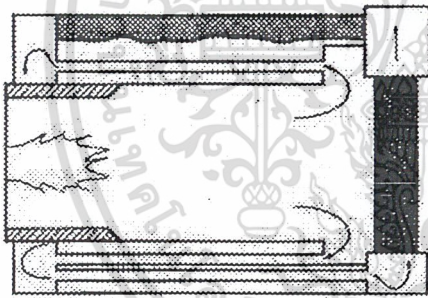
เตานอก 2 กลีบ



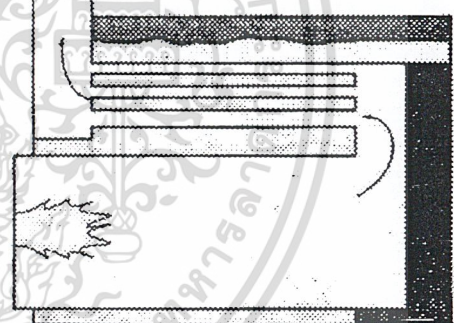
เตาใน 2 กลีบ หลังแห้ง



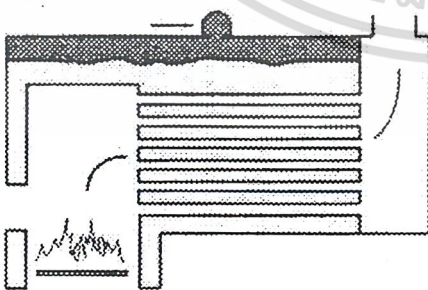
เตาใน 2 กลีบ หลังเปียก



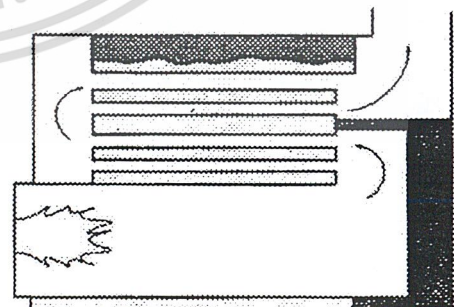
เตาใน 3 กลีบ หลังแห้ง



เตาใน 2 กลีบ หลังเปียกหรือแห้ง



เตาใน กลีบเดียว



เตาใน 3 กลีบ หลังแห้ง

รูปที่ 2-26 เตาภายในและภายนอกพร้อมจำนวน pass

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในเพื่อการศึกษาเท่านั้น มิใช่ให้ผู้ใดนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเหตุ

1. ผนังหลังแห้งหรือหลังแห้ง หมายถึงส่วนหลังของหม้อไอน้ำไม่มีน้ำหล่อเลี้ยงเป็นอิฐทนไฟ ไม่ใช่ส่วนของหม้อไอน้ำ
2. หลังเปียก หมายถึง ส่วนหลังของหม้อไอน้ำยังเป็นส่วนหม้อไอน้ำที่มีน้ำหล่อเลี้ยง
3. หม้อไอน้ำแบบท่อไฟมีข้อจำกัดทางด้านวิศวกรรมคือ ความดันที่ผลิตได้ไม่เกิน 20 บาร์ มีพิกัดในการผลิตไอน้ำได้ไม่เกิน 10 ตันต่อชั่วโมง ซึ่งเป็นการผลิตไอน้ำได้น้อย มีการสูญเสียความร้อนทางไอเสียมาก ความร้อนจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงนำกลับมาใช้งานไม่ได้เต็มที่ นอกจากนี้เมื่อเกิดการระเบิดจะมีอันตรายมาก ผลิตไอน้ำออกมาใช้งานได้ช้า

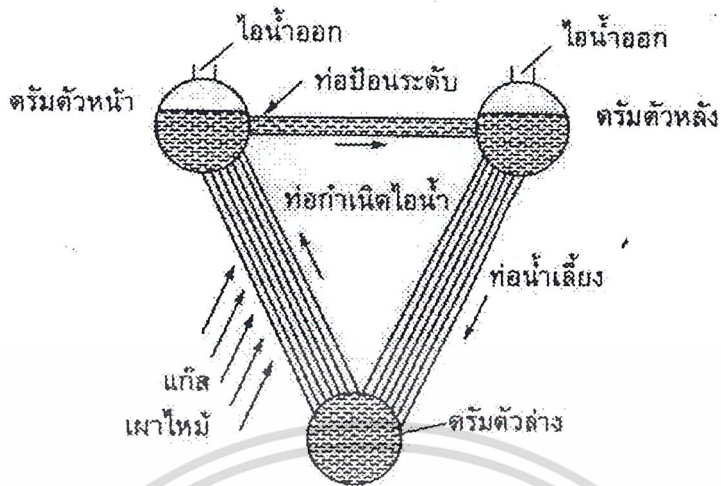
2.4 หม้อไอน้ำแบบท่อน้ำ

Steel watertube boilers จำแนกได้หลายประเภทดังนี้ คือ

1. Horizontal straight tube
 - (a) Box header or Sectional header
 - (b) Longitudinal drum or Cross drum
 - (c) Portable firebox
2. Bent-tube
 - (a) Four drum
 - (b) Three drum
 - (c) Low head three drum
 - (d) Two drum , vertical tube
 - (e) Two drum , inclined tube
 - (f) Three drum “A”
 - (g) Long and short , two drum
 - (h) Two drum “O”

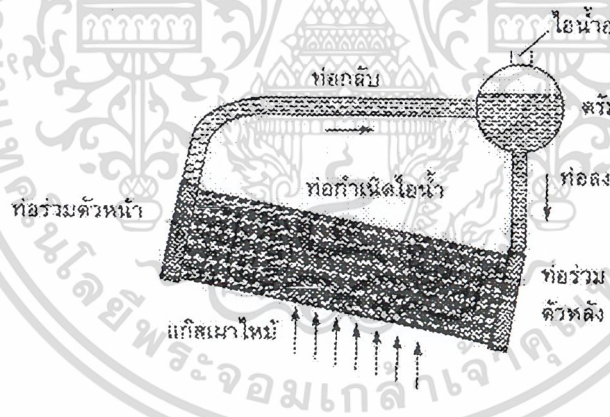
เนื่องจากข้อจำกัดทางด้านเทคโนโลยีที่ว่าหม้อไอน้ำแบบท่อไฟมีสมรรถนะที่จำกัดดังนั้นหม้อไอน้ำแบบท่อน้ำจึงถูกสร้างขึ้นใช้ วิศวกรรมการหม้อไอน้ำแบบหลอดน้ำในระยะแรกเมื่อประมาณ 80 ปีที่แล้ว มาล้มลุกคลุกคลานมีปัญหาหลายอย่าง แต่ในเวลาต่อมาก็ได้รับการพัฒนาจนสามารถผลิตไอน้ำที่มีความดันและมีอุณหภูมิสูงได้กล่าวคือ สามารถเพิ่มสมรรถนะของหม้อไอน้ำแบบท่อน้ำได้ โดยการลดปริมาณน้ำและไอน้ำที่อยู่ภายในหม้อไอน้ำลงประการหนึ่ง และวิธีการจัดระบบป้อนน้ำ และผลิตไอน้ำให้มีปริมาณของการกำเนิดไอน้ำได้มากขึ้นอีกประการหนึ่ง โดยการจัดโครงสร้างหม้อไอน้ำแบบท่อน้ำทำให้หม้อไอน้ำมีขนาดกะทัดรัดขึ้น ไม่เกินเนื้อที่มากเหมือนกับในระยะแรก วิธีการดังกล่าวสามารถอธิบายได้ดังนี้ตามรูปที่ 2-27 แสดงหม้อไอน้ำแบบท่อน้ำที่ใช้ถังพัก 3 ลูก และแสดงทิศทางการไหลวนของน้ำในหม้อไอน้ำ ส่วนท่อน้ำที่ต่อระหว่างถังพักจะเป็นท่อตรงหรือท่อโค้งก็ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์หรือการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2-27 แสดงหม้อไอน้ำแบบท่อน้ำที่ใช้ถังพัก 3 ลูก

ตามรูปที่ 2-28 แสดงหม้อไอน้ำแบบท่อน้ำที่มีถังพักลูกเดียว แต่ใช้ท่อร่วม (header) 2 ท่อแทนถังพักน้ำ และแสดงทิศทางการไหลวนของน้ำ ท่อต่อจะเป็นท่อตรงหรือท่อโค้งก็ได้เช่นกัน

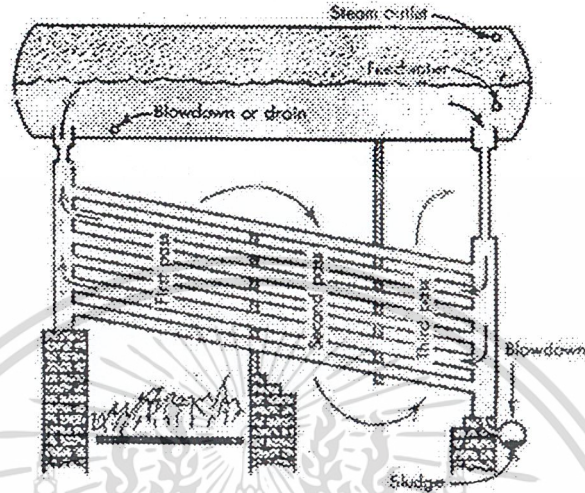


รูปที่ 2-28 แสดงหม้อไอน้ำแบบท่อน้ำที่มีถังพักลูกเดียว

2.4.1 หม้อไอน้ำท่อน้ำตรง

เป็นหม้อไอน้ำขนาดกลางหรือขนาดใหญ่การจัดวางท่อน้ำอาจจะวางในแนวราบหรือแนวเฉียงก็ได้ส่วนมากจะมีถังพักน้ำถังเดียวอยู่ส่วนบน และมีท่อร่วมทางขึ้นและขาทั้ง 2 ด้าน ท่อร่วมที่อยู่ต่ำกว่าจะจ่ายน้ำเลี้ยงเข้าท่อน้ำ ส่วนท่อร่วมอีกด้านที่อยู่สูงกว่าจะเป็นตัวรวบรวมไอน้ำที่ผลิตได้แล้วส่งไปยังถังพักตอนบน ดังรูปที่ 2-29

โดยปกติ ถ้าเป็นหม้อไอน้ำขนาดใหญ่ ชุดท่อน้ำตรงและท่อร่วมจะประกอบกันเป็นชุด ๆ ซึ่งแต่ละชุดจะมีท่อน้ำประมาณ 20 ท่อ ถึง 50 ท่อ และจะวางขนานกันส่วนถึงพักน้ำและถึงน้ำด้านบนจะใช้ถังเดียวหรือหลายถังก็ได้

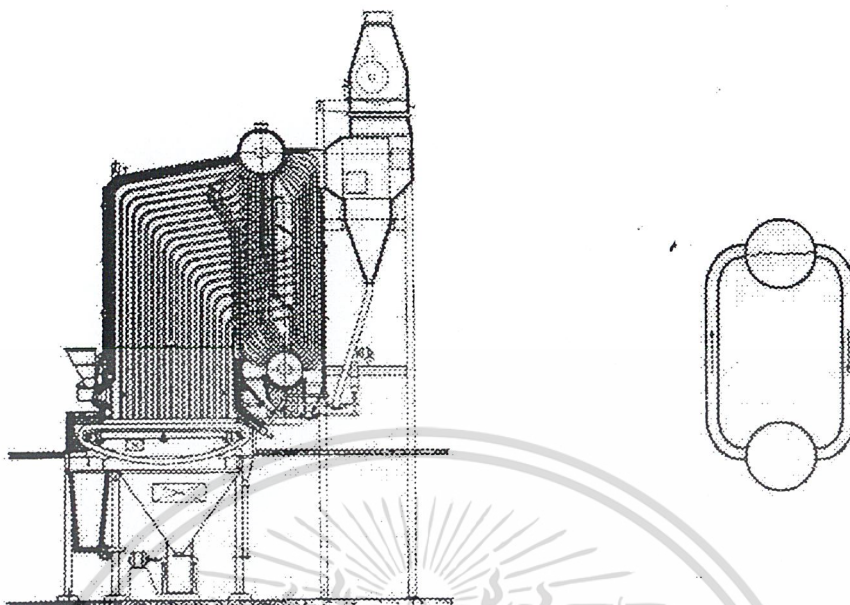


รูปที่ 2-29 หม้อไอน้ำท่อน้ำตรง

หม้อไอน้ำแบบท่อน้ำตรงนิยมใช้มากในเรือช่วงก่อนสงครามโลกครั้งที่ 2 แต่ในปัจจุบันนี้ล้าสมัยไปแล้ว ปกติหม้อไอน้ำแบบนี้ผลิตออกมาเป็นชิ้นส่วนย่อยซึ่งนำไปประกอบในสถานที่ที่จะติดตั้งและการติดตั้งก็เป็นไปโดยง่ายไม่ยุ่งยากมาก

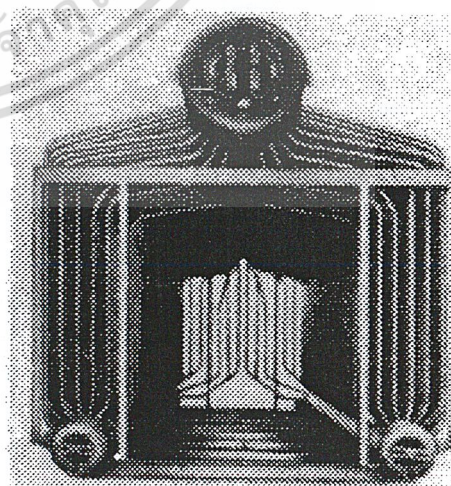
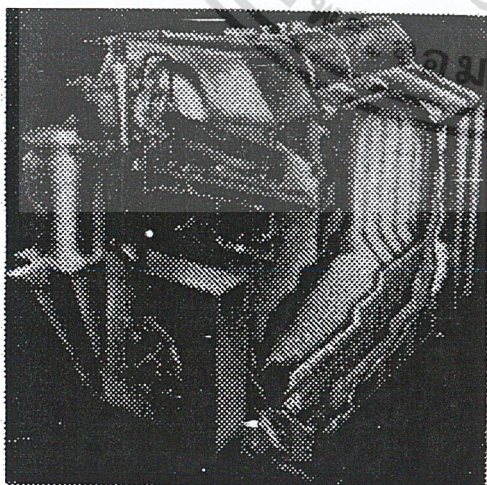
2.4.2 หม้อไอน้ำท่อน้ำโค้ง

หม้อไอน้ำแบบนี้สร้างง่ายกว่าแบบท่อน้ำตรง และสามารถผลิตไอน้ำที่มีความดันสูงกว่าแบบท่อน้ำตรง ปริมาณไอน้ำที่หม้อไอน้ำแบบท่อน้ำโค้งผลิตได้อาจสูงถึง 450 ตันต่อชั่วโมง การใช้งานก็ปลอดภัยกว่าแบบท่อน้ำตรงไม่มีท่อร่วม แต่จะมีถึงพักน้ำจำนวนตั้งแต่ 2 ลูกถึง 5 ลูก ซึ่งทั้งนี้แล้วแต่ขนาดที่สร้าง ถ้าขนาดใหญ่ก็ใช้ถึงพักมากกว่าขนาดเล็ก ลักษณะถึงพักเป็นถึงเหล็กยาววางนอนในแนวราบ ปกติถึงพักลูกบนจะใหญ่กว่าลูกล่าง ในระหว่างถึงพักต่อกันด้วยท่อน้ำโค้ง และท่อน้ำที่สั้นกว่าจะเป็นท่อน้ำเลี้ยง โดยน้ำเลี้ยงจากถึงพักลูกบนไหลผ่านท่อโค้งไปยังถึงพักลูกล่าง ท่อที่ยาวกว่าและตัดโค้งมากจะเป็นท่อน้ำตามรูปที่ 2-30 แสดงหม้อไอน้ำท่อน้ำโค้งและแสดงทิศทางการไหลเวียนของก๊าซร้อนและน้ำ โดยมีถึงพักน้ำ 2 ลูก



รูปที่ 2-30 หม้อไอน้ำท่อน้ำโค้ง

นอกจากนี้ยังมีหม้อไอน้ำแบบท่อน้ำโค้งที่เรียกชื่อเป็นพิเศษ โดยชื่อที่เรียกนั้นเรียกตามลักษณะการวางถึงพักและการต่อท่อน้ำเข้าถึงพัก ชื่อที่เรียกนั้นจะเรียกตามอักษรที่วางถึงพักดูแล้วคล้ายกับตัวอักษรนั้น ๆ เช่น เป็นหม้อไอน้ำแบบท่อน้ำโค้งที่ใช้ถึงพัก 3 ลูก มีการวางถึงพักไว้บน 1 ลูก และวางไว้ล่าง 2 ลูก แต่ลักษณะการต่อท่อน้ำเข้าถึงทั้ง 3 ลูก นั้น เมื่อมองจากรูปตัดแล้วจะเห็นว่าคล้ายกับอักษร A ในภาษาอังกฤษ ดังนั้นจึงเรียกหม้อไอน้ำแบบท่อน้ำโค้งที่วางถึงในลักษณะนี้ว่า แบบ “A”



รูปที่ 2-31 หม้อไอน้ำรถไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 ลักษณะของหม้อไอน้ำที่ดี

หม้อไอน้ำทุกแบบตามที่อธิบายมาแล้วในหัวข้อต้น ๆ ต่างก็มีส่วนดีและส่วนเสีย ถ้าจะได้หม้อไอน้ำที่ดีครบถ้วน หม้อไอน้ำลูกนั้น ๆ จะต้องมียุทธศาสตร์ดังต่อไปนี้

1. โครงสร้างเป็นแบบง่าย ๆ แข็งแรงและปลอดภัยต่อการใช้งาน
2. วัสดุและช่างฝีมือในการผลิตหม้อไอน้ำต้องเป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนด
3. ออกแบบได้ดีทั้งการไหลวนของน้ำและก๊าซร้อน ตลอดจนการถ่ายเทความร้อนดี
4. มีพื้นที่ผิวถ่ายเทความร้อนมาก
5. สามารถทำการตรวจ ทดสอบ และซ่อมแซมทุกส่วนได้โดยสะดวก
6. เติมน้ำที่เพียงพอที่ทำให้การเผาไหม้เชื้อเพลิงเป็นไปอย่างสมบูรณ์
7. มีส่วนที่เก็บไอน้ำได้มาก

ลักษณะหม้อไอน้ำที่ดีดังกล่าวนี้จะรวมอยู่ในหม้อไอน้ำลูกเดียวกันย่อมเป็นไปได้ดังนั้นข้อกำหนดดังกล่าวนี้จึงเป็นเพียงข้อมูลเพื่อใช้ในการพิจารณาเลือกหม้อไอน้ำที่เหมาะสมที่สุด ลักษณะถูกต้องที่สุดตามที่ต้องการ และต้องดีที่สุดในด้านนั้น

2.6 ข้อดีและข้อเสียของหม้อไอน้ำแบบท่อน้ำและท่อไฟ

ข้อดีของหม้อไอน้ำแบบท่อน้ำจะเป็นข้อเสียของหม้อไอน้ำแบบท่อไฟ ในทำนองเดียวกันข้อดีของหม้อไอน้ำแบบท่อไฟจะเป็นข้อเสียของหม้อไอน้ำแบบท่อน้ำ

2.6.1 ข้อดีของหม้อไอน้ำแบบท่อน้ำ มีดังนี้

1. ทนความดันได้สูง
2. ผลิตไอน้ำได้เร็วกว่า เพราะมีพื้นที่ถ่ายเทความร้อนมากกว่าและดีกว่า
3. ปลอดภัยต่อการใช้งาน
4. ตรวจสอบสภาพของท่อต่าง ๆ ได้ง่ายกว่า

2.6.2 ข้อดีของหม้อไอน้ำแบบท่อน้ำชนิดท่อตรง

1. การสูญเสียกำลังดันของลมที่หมุนเวียนในเตาของหม้อไอน้ำชนิดนี้น้อย
2. สามารถตรวจสอบสภาพของหลอดน้ำได้ง่าย
3. สะดวกในการเปลี่ยนท่อน้ำใหม่ คือ ท่อน้ำมีทั้งขนาดและความยาวเท่ากันหมด
4. ต้องการความสูงน้อย
5. สามารถตรวจสอบและทำความสะอาดได้ง่าย

2.6.3 ข้อดีของหม้อไอน้ำแบบท่อน้ำชนิดท่อโค้ง (เทียบกับท่อตรง)

1. มีความประหยัดมากกว่า
2. สามารถตรวจสอบและทำความสะอาดได้ง่ายกว่า
3. มีความสามารถในการผลิตไอน้ำสูงกว่า

2.6.4 ข้อเสียของหม้อไอน้ำแบบท่อน้ำ มีดังนี้

1. ต้องใช้น้ำเลี้ยงที่มีคุณภาพดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของโรงเรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ความดันไอน้ำไม่คงที่ ไม่สามารถใช้ไอน้ำได้อย่างสม่ำเสมอด้วยความดันคงที่
3. ราคาแพง
4. ทำความสะอาดภายในท่อไอน้ำยาก
5. อันตรายเกิดจากน้ำในหม้อไอน้ำแห้งมีมาก

2.6.5 ข้อเสียของหม้อไอน้ำแบบท่อไอน้ำชนิดท่อตรง

1. ราคาค่าก่อสร้างสูง โดยเฉพาะส่วนหัว
2. ในอัตราการผลิตไอน้ำสูง ๆ จะแยกไอน้ำออกจากน้ำยาก เพราะระยะทางสั้น
3. ความสามารถในการผลิตไอน้ำมีจำกัด เพราะระยะทางสั้น

2.6.6 ข้อดีของหม้อไอน้ำแบบท่อไฟ มีดังนี้

1. ขนาดกะทัดรัดเมื่อเปรียบเทียบกับหม้อไอน้ำแบบท่อน้ำ
2. สามารถสร้างเป็นหน่วยเล็ก ๆ ได้
3. เนื่องจากภายในหม้อไอน้ำมีปริมาณน้ำมาก ดังนั้นอันตรายจากน้ำในหม้อไอน้ำแห้งจึงเกิดขึ้นได้ยาก
4. เนื่องจากภายในหม้อไอน้ำ มีปริมาณมากเช่นเดียวกัน จึงสามารถป้อนไอน้ำได้ดีในงานที่ต้องการปริมาณไอน้ำที่สม่ำเสมอ
5. สะดวกในการทำทำความสะอาดและซ่อมแซม
6. น้ำหนักเบาเมื่อเทียบกับหม้อไอน้ำแบบท่อน้ำ
7. ระดับน้ำในหม้อไอน้ำคงที่เสมอ
8. สามารถควบคุมการทำงาน ได้ทั้งแบบธรรมดา และอัตโนมัติ
9. ไม่ต้องใช้น้ำเลี้ยงที่มีคุณภาพดีมากนัก
10. ความดันไอน้ำคงที่ สามารถใช้ไอน้ำได้อย่างสม่ำเสมอด้วยความดันคงที่
11. ราคาถูกกว่าหม้อไอน้ำแบบท่อน้ำมาก

2.6.7 ข้อเสียของหม้อไอน้ำแบบหลอดไฟ

1. ไม่สามารถผลิตไอน้ำ ที่ความดันสูงมาก ๆ ได้ เพราะส่วนเก็บความดันของน้ำ และไอน้ำ คือเปลือกหม้อไอน้ำมีขนาดใหญ่ ถ้าความดันในหม้อไอน้ำสูง เปลือกของหม้อไอน้ำต้องมีความหนาแน่น เนื่องจากเหตุผลข้อนี้ ในงานที่ต้องการไอน้ำที่มีความดันสูง จึงใช้หม้อไอน้ำแบบท่อน้ำ ซึ่งส่วนเก็บความดันของน้ำและไอน้ำคือ ท่อน้ำซึ่งมีขนาดเล็กจึงสามารถสร้างให้มีความหนาแน่นได้
2. เนื่องจากเก็บน้ำไว้ในหม้อไอน้ำจำนวนมาก ดังนั้นในเวลาเริ่มติดเตา จึงต้องใช้เวลาานกว่าจะให้ไอน้ำออกมาใช้งานได้
3. ต้องหมั่นทำความสะอาดเพื่อขจัดเขม่าภายในท่อไฟ
4. ปกติไม่สามารถผลิตไอน้ำได้ นอกจากหม้อไอน้ำที่สั่งทำขึ้นเป็นพิเศษ
5. ปลอดภัยต่อการใช้งานน้อยกว่าแบบท่อน้ำ
6. ตรวจสอบสภาพท่อต่าง ๆ ภายในหม้อไอน้ำได้ยากกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของบริษัทฯ เพื่อการวิจัยเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 โครงสร้างของหม้อไอน้ำ

หม้อไอน้ำทุกแบบที่ได้กล่าวมาแล้ว จะต้องประกอบด้วยโครงสร้างของหม้อไอน้ำและอุปกรณ์ต่างๆ พร้อมทั้งอุปกรณ์ควบคุมเพื่อความปลอดภัย และเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้ โครงสร้างอาจจะอยู่ในรูปต่าง ๆ กัน แต่หน้าที่การทำงานจะต้องเป็นไปตามนี้คือ

1) เตา (Furnace) คือส่วนของหม้อไอน้ำที่ร้อนจัดที่สุด เป็นจุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้เพื่อระบายความร้อนไปให้น้ำทำให้น้ำกลายเป็นไอน้ำต่อไป

2.) ส่วนเก็บน้ำ (Water Space) เป็นส่วนของหม้อไอน้ำที่คอยเก็บน้ำไว้ภายในหม้อไอน้ำระดับน้ำในส่วนนี้ไม่ควรแตกต่างกันมากกว่า $\frac{3}{4}$ นิ้ว ถ้าหากตั้งเตาให้ดี จะเห็นว่า หม้อไอน้ำบางเครื่องติดเตาครู่เดียวก็ได้ไอน้ำใช้แล้ว แต่บางครั้งต้องติดเตานานกว่ากันเป็นเท่าตัวจึงจะได้ไอน้ำใช้ ทั้ง ๆ ที่กำลังผลิตไอน้ำหม้อไอน้ำก็เท่ากัน ทั้งนี้สาเหตุส่วนใหญ่เนื่องมาจากส่วนเก็บน้ำนั่นเอง

หม้อไอน้ำที่มีส่วนเก็บน้ำได้น้อย สามารถผลิตไอน้ำใช้งานได้เร็ว เหมาะสำหรับงานที่ใช้ชั่วระยะเวลาสั้นๆ ไม่เหมาะสำหรับใช้งานตลอด 24 ชั่วโมง เนื่องจากจำนวนน้ำที่เก็บไว้น้อย โอกาสที่จะเกิดน้ำแห้งจึงมีมาก หม้อไอน้ำที่มีส่วนเก็บน้ำมาก ผลิตไอน้ำในระยะต้นได้ช้า เพราะต้องใช้ความร้อนไปต้มน้ำจำนวนมาก ไม่เหมาะสำหรับใช้งานชั่วระยะสั้น เพราะถ้าใช้เพียงระยะสั้น ๆ แล้ว หยุดหม้อไอน้ำ จะทำให้เกิดความเสียหายสำหรับไปต้มน้ำส่วนเกิน แต่เป็นหม้อไอน้ำที่เหมาะสมสำหรับใช้งานประเภทที่ต้องใช้หม้อไอน้ำตลอด 24 ชั่วโมง เพราะ โอกาสที่จะเกิดอุบัติเหตุ น้ำแห้งมีน้อยกว่า

3) ส่วนเก็บไอน้ำ (Steam Space) คือส่วนที่สะสมไอน้ำที่ผลิตขึ้นจากหม้อไอน้ำโดย ปกติ หม้อไอน้ำจะต้องมีกำลังผลิตไอน้ำมากกว่าที่จำเป็นต้องใช้งาน ไอน้ำส่วนเกินจะถูกเก็บไว้ที่ส่วนเก็บไอน้ำ เมื่อจำเป็นต้องใช้ก็ไม่จำเป็นต้องรอ ส่วนเก็บไอน้ำขึ้นอยู่กับผู้ควบคุมการใช้หม้อไอน้ำด้วย โดยเฉพาะหม้อไอน้ำที่ใช้คนคอยควบคุมการสูบน้ำเข้าเลี้ยงหม้อไอน้ำ ถ้าหากสูบน้ำเข้าหม้อไอน้ำระดับต่ำกว่าปกติ จะมีส่วนเก็บไอน้ำมาก แต่อาจจะเป็นอันตรายต่อหม้อไอน้ำเพราะส่วนเก็บน้ำอาจได้รับความร้อนสูงกว่าปกติ โอกาสที่จะเกิดอุบัติเหตุเพราะน้ำแห้งมีมาก แต่ถ้าหากผู้ควบคุมหม้อไอน้ำกลัวเกิดเรื่องน้ำแห้ง เปิดน้ำเข้าหม้อไอน้ำให้ระดับสูงกว่าปกติ จะมีผลเสียเกิดขึ้นคือ ส่วนเก็บไอน้ำน้อย โอกาสที่ไอน้ำจะนำเอาความชื้นไปด้วยมีมาก ซึ่งจะเป็นผลเสียต่อเครื่องจักรไอน้ำต่าง ๆ ไอน้ำจะเย็นลงเร็วกว่าปกติ ถ้าหากเป็นงานที่ใช้ไอน้ำไม่สม่ำเสมอ คือบางช่วงใช้ไอน้ำมาก บางช่วงใช้ไอน้ำน้อย ถ้าหากส่วนเก็บไอน้ำน้อยแล้ว ช่วงที่ต้องการใช้ไอน้ำมาก อาจจะมีไอน้ำไม่พอใช้

2.8 ส่วนประกอบของตัวหม้อไอน้ำ

2.8.1 เตา (furnace)

หม้อไอน้ำที่ได้ความร้อนโดยการเผาเชื้อเพลิงจำเป็นต้องมีเตาไว้เผาเชื้อเพลิง เตาของหม้อไอน้ำอาจอยู่ภายในเปลือกหม้อไอน้ำหรือแยกไว้ข้างนอกต่างหากก็มี

เตาของหม้อไอน้ำเป็นส่วนที่มีอุณหภูมิสูงที่สุด สูงเกินกว่าจุดละลายของโลหะที่ใช้ทำหม้อไอน้ำ ดังนั้นเตาของหม้อไอน้ำจะต้องมีน้ำเลี้ยงอย่างเพียงพอตลอดเวลา ถ้าหากเกิดอุบัติเหตุ น้ำแห้งถึงระดับเตา

แล้ว เมื่อไม่มีน้ำมาเลี้ยงเตาก็จะเกิดสะสมความร้อนมากขึ้นจนเหล็กร้อนแดงและอ่อนตัวประกอบกับภายในหม้อไอน้ำมีความดันอยู่ ก็จะทำให้หม้อไอน้ำระเบิดออกได้

ผนังเตาของหม้อไอน้ำเป็นส่วนที่ต้องการให้ระบายหรือถ่ายเทความร้อนให้ดีที่สุด ดังนั้นผนังเตาจึงไม่เหมาะที่จะใช้แผ่นเหล็กหนาเกินไป การซ่อมผนังเตาโดยวิธีประเสริม จึงเป็นวิธีที่ไม่ถูกต้อง

เตา คือส่วนที่ร้อนที่สุดที่เชื้อเพลิงเผาไหม้เพื่อระบายความร้อนที่เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงให้กับน้ำ ทำให้น้ำร้อนขึ้นจนกลายเป็นไอ ไอน้ำนั้นนำไปใช้งานได้ การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงในเตาจะเกิดความร้อนและมีอุณหภูมิสูงถึง 1,700 องศาเซลเซียส ซึ่งนับว่ามีอุณหภูมิสูงมาก เตาหม้อไอน้ำส่วนใหญ่จึงก่อด้วยอิฐทนไฟที่มีความหนาพอและไม่รั่ว ส่วนหลังเตาหรือส่วนหน้าเตาจะต่อกับปล่องควันหรือปล่องไอเสีย เตาหม้อไอน้ำแบ่งได้ตามลักษณะการสร้างและลักษณะของเชื้อเพลิงที่ใช้อยู่เป็น 4 ประเภทดังนี้

2.8.1.1 เตาตะแกรง

เป็นเตาชนิดที่เก่าแก่ที่สุด ใช้กับเชื้อเพลิงแข็ง เช่น หม้อไอน้ำรถไฟ และหั่วรถจักรไอน้ำที่ใช้อยู่ในประเทศไทยใช้ฟืนและน้ำมันเป็นเชื้อเพลิง แต่ปัจจุบันเลิกใช้แล้ว หันไปใช้หั่วรถจักรดีเซลแทนหรือเตาที่ใช้เชื้อเพลิงถ่านหิน เป็นต้น เตาตะแกรงยังแบ่งออกเป็น 3 ประเภทดังนี้

2.8.1.2 เตาตะแกรงธรรมชาติ

เป็นเตาที่เก่าแก่ที่สุด สร้างง่ายที่สุด ใช้มือคนป้อนเชื้อเพลิงเข้าเตา เช่นการโยนฟืนหรือโกยถ่านหินเข้าเตา

2.8.1.3 เตาตะแกรงเอียง

เป็นเตาตะแกรงที่มีอุปกรณ์ขยับเชื้อเพลิงในเตาเพื่อให้การเผาไหม้เชื้อเพลิงดี และเป็นการไล่ขี้เถ้าที่เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงให้ตกลงช่องขี้เถ้าได้ลักษณะของตะแกรงเป็นก้านที่หมุนได้ ประกอบกันเป็นชุด แต่ละชุดเรียกว่าตะกรับ แต่ละตะกรับมีก้านค้ำให้หมุนได้บนลูกกลิ้งซึ่งจะทำให้ชุดตะกรับขยับไปมาได้

2.8.1.4 เตาตะแกรงแล่น

เตาแบบนี้ใช้กับหม้อไอน้ำขนาดใหญ่ ตะแกรงจะหมุนนำเอาเชื้อเพลิงเข้าไปเผาไหม้ในเตา และเมื่อเชื้อเพลิงเผาไหม้หมดจะหมุนเอาขี้เถ้าออกมาด้วยเป็นเตาที่สะดวกต่อการใช้งานกับเชื้อเพลิงแข็งมาก

2.8.1.5 เตาผงถ่านหิน

เตาชนิดนี้ใช้กับถ่านหินที่บดเป็นผง โดยใช้กับโรงไฟฟ้าของการไฟฟ้าฝ่ายผลิต เช่น ที่โรงจักรพลังไอน้ำแม่เมาะ โรงจักรพลังไอน้ำพระรามหก โรงจักรไอน้ำกระบี่ เป็นต้น ใช้ลมร้อนในการป้อนผงถ่านหินเข้าเตา ลมที่เข้าเตาแบ่งเป็นลมหนึ่งและลมสอง ลมหนึ่งใช้พ่นผงถ่านหินเข้าเตาและช่วยในการเผาไหม้ถ่านหิน ลมสองทำให้การเผาไหม้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น เป็นเตาผงถ่านหินชนิดไซโคลนที่ป้อนด้วยลมหมุนวน

2.8.1.6 เตาน้ำมัน

หม้อใช้กับกิจการขนาดเล็กหรือขนาดกลางจนถึงขนาดใหญ่ส่วนใหญ่ใช้น้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิง เพราะน้ำมันเตามีราคาถูกที่สุด น้ำมันเตาเป็นน้ำมันหนัก มีความหนืดสูง ที่อุณหภูมิปกติจะไหลยาก ดัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นั้นจึงต้องอุ่นน้ำมันเตาให้ร้อนก่อนซึ่งจะทำให้ น้ำมันเตาไหลและไหลง่ายขึ้น การป้อนน้ำมันเตาเข้าสู่หัวหม้อไอน้ำใช้วิธีการฉีดเข้าไปด้วยความดันสูง และวิธีฉีดมีดังต่อไปนี้

1. ฉีดด้วยปั๊มความดันสูง

วิธีนี้ต้องใช้ปั๊มที่มีความดันสูงฉีดน้ำมันเตาให้เป็นฝอยเข้าไปในเตาหม้อไอน้ำ

2. ฉีดด้วยแรงดันของไอน้ำ

วิธีนี้ใช้ไอน้ำที่ได้จากตัวหม้อไอน้ำ ซึ่งในขั้นแรกจะต้องคิดเตาด้วยเชื้อเพลิงอื่นก่อน เช่น ก๊าซหรือน้ำมันดีเซล จนหม้อไอน้ำผลิตไอน้ำได้พอแล้วจึงใช้ไอน้ำที่ผลิตได้นั้นแบ่งมาใช้ในการฉีดน้ำมันเตาเข้าไปในเตาไฟของหม้อไอน้ำอีกทีหนึ่ง

3. ฉีดด้วยความดันจากลม

วิธีนี้ต้องใช้ปั๊มลมอัดลมให้มีความดันสูงแล้วใช้ความดันจากลมให้เข้าไปฉีดเอาน้ำมันเตาให้เป็นฝอยเข้าไปในเตาไฟของหม้อไอน้ำ

2.8.1.7 เตาก๊าซ

เตาชนิดนี้คล้ายกับเตาน้ำมัน มีวิธีใช้เหมือนกับเตาน้ำมัน โดยการฉีดให้ก๊าซเข้าไปเผาไหม้ในเตา ปัจจุบันนี้ได้พบก๊าซธรรมชาติในอ่าวไทยมากซึ่งจะทำให้ค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับเชื้อเพลิงสำหรับหม้อไอน้ำถูกลง เช่น โรงจักรพลังกังหันก๊าซและโรงจักรพลังไอน้ำที่บางปะกงที่จังหวัดฉะเชิงเทราของการไฟฟ้าฝ่ายผลิต โดยได้ใช้ก๊าซธรรมชาติในโรงจักรกังหันก๊าซ และใช้ไอเสียที่มีความร้อนสูงจากโรงจักรกังหันก๊าซเป็นแหล่งความร้อนสำหรับโรงจักรไอน้ำ ทำให้โรงจักรไอน้ำได้รับความร้อนโดยไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับเชื้อเพลิง ตามปกติโรงจักรพลังความร้อนจะให้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนประมาณ 25 – 30 เปอร์เซ็นต์เป็นอย่างสูง แต่เมื่อใช้ระบบไอเสียจากโรงจักรกังหันก๊าซมาเป็นแหล่งความร้อนซึ่งเรียกว่า “โรงจักรพลังความร้อนร่วม” (Combine cycle) ทำให้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงขึ้นถึง 40 เปอร์เซ็นต์

2.8.2 เปลือกหม้อไอน้ำ

เปลือกหม้อไอน้ำในที่นี้ หมายถึงเหล็กที่ห่อหุ้มภายในมีน้ำและไอน้ำซึ่งมีความดันสูง กว่าความดันบรรยากาศ (ไม่ได้หมายถึงอิฐหรือฉนวนหุ้มหม้อไอน้ำ) เปลือกหม้อไอน้ำเป็นส่วนที่โหดที่สุดที่ต้องรับความดันไอน้ำในหม้อไอน้ำ เปลือกหม้อไอน้ำจึงต้องได้รับการออกแบบและสร้างไว้อย่างแข็งแรง

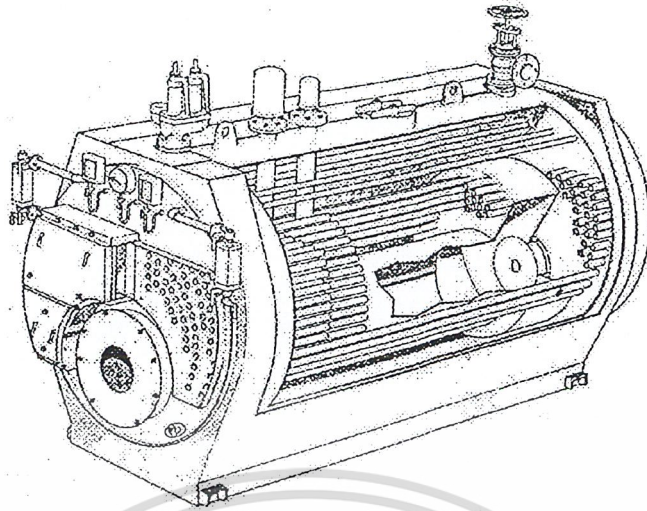
เปลือกหม้อไอน้ำที่ใช้แผ่นเหล็กหนาเท่ากัน หม้อไอน้ำขนาดเล็กระยะทนความดันไอน้ำได้สูงกว่าหม้อไอน้ำเครื่องที่ขนาดใหญ่

เปลือกหม้อไอน้ำที่ใช้อยู่ในปัจจุบันทำด้วยเหล็กทรงกระบอก ที่ทำด้วยเหล็กหล่อหรือเหล็กปลอกสนิมอาจมีอยู่บ้างไม่มากนัก เปลือกหม้อไอน้ำที่ทำด้วยเหล็ก ต้องมีน้ำหนักจากเหล็กแผ่นจึงต้องมีการต่อ การต่อแผ่นเหล็กเปลือกหม้อไอน้ำทำได้สองวิธีคือ

2.8.2.1 การต่อโดยวิธีใช้หมุดย้ำ

การต่อเปลือกหม้อไอน้ำโดยวิธีนี้ ประสิทธิภาพของรอยต่อไม่ดีเท่าที่ควร เพราะรอยต่อจะมีความแข็งแรงประมาณ 56% ถึง 70% ของเนื้อเหล็กเท่านั้น และรอยต่อไม่เหมาะที่จะสัมผัสกับแก๊สร้อนโดยตรง เพราะรอยต่อจะหนากว่าปกติ การถ่ายเทความร้อนไม่ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2-32 ส่วนประกอบของตัวหม้อไอน้ำ

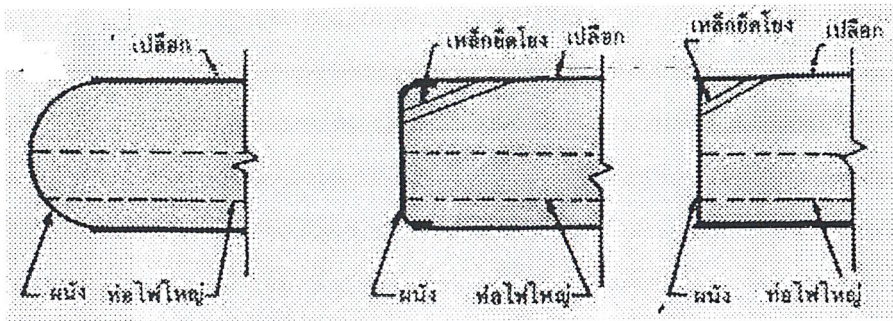
2.8.2.2 การต่อโดยวิธีเชื่อม

การต่อโดยวิธีนี้ ถ้าหากเชื่อมได้ดีแล้ว รอยต่อจะมีความแข็งแรงไม่เกิน 80 % แต่ถ้าหากเชื่อมไว้ไม่ดีเกิดรอยร้าวขึ้นที่รอยเชื่อมโดยสังเกตด้วยตาไม่เห็น อาจเกิดอันตรายร้ายแรงได้ เพื่อความแน่ใจ รอยต่อโดยวิธีเชื่อมควรได้รับการตรวจสอบโดยใช้เครื่องมือสำหรับตรวจสอบรอยเชื่อม

2.8.3 ฉนวนหน้าและฉนวนหลังของหม้อไอน้ำ

ฉนวนหน้าและฉนวนหลังหม้อไอน้ำ คือส่วนที่ปิดหัวท้ายของเปลือกหม้อไอน้ำ ฉนวนหม้อไอน้ำนี้มีการขึ้นรูปหลายแบบดังนี้

1. ฉนวนหม้อไอน้ำแบบโค้งสามารถรับความดันไอน้ำภายในหม้อไอน้ำได้ดี แต่ไม่เหมาะที่จะใช้กับหม้อไอน้ำที่ต้องเจาะรูเพื่อใส่ท่อไฟ
2. ฉนวนหม้อไอน้ำแบบเรียบทำได้ง่ายกว่า เหมาะสำหรับฉนวนที่ต้องเจาะเพื่อใส่ท่อไฟ แต่ฉนวนแบบนี้จำเป็นต้องมีเหล็กยึดโยงเพื่อความแข็งแรง
3. แบบขอบโค้งฉนวนหม้อไอน้ำแบบนี้จะทำขอบให้โค้ง เพื่อสามารถทนความดันได้ดี แต่ฉนวนส่วนอื่นยังคงเรียบการติดตั้งท่อไฟง่าย แต่ไม่แข็งแรงพอต้องใช้เหล็กยึดโยงช่วยเพิ่มความแข็งแรง บริเวณขอบโค้งเกิดการกัดกร่อนและแตกร้าวได้ง่าย



รูปที่ 2-33 ผนังหม้อไอน้ำแบบต่างๆ

2.8.4 ท่อไฟใหญ่ (Main furnace)

หมายถึง ท่อแก๊สร้อนที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่กว่า 6 นิ้ว หม้อไอน้ำบางแบบท่อไฟใหญ่ จะทำหน้าที่เป็นห้องเผาไหม้ด้วย แก๊สร้อนที่ท่อไฟใหญ่อุณหภูมิไม่ควรเกิน 850 องศาฟาเรนไฮต์ หน้าที่หลักของท่อไฟใหญ่ คือ ถ่ายความร้อนที่ได้รับไปยังน้ำ วัสดุที่ใช้ทำท่อไฟใหญ่ต้องมีคุณสมบัติทนความร้อน และถ่ายเทความร้อนได้ดีท่อไฟใหญ่ที่ใช้ โดยทั่วไปมี 2 แบบ คือ แบบท่อ ตรงและ ท่อ เป็นลอน

2.8.5 ท่อไฟเล็ก (Tube)

คือ ท่อให้แก๊สร้อนผ่าน ท่อนี้มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางไม่เกิน 6 นิ้ว วัสดุที่ใช้สร้างมีจุดหลอมละลายสูงถึงประมาณ 2500 องศาฟาเรนไฮด์ อุณหภูมิในท่อไฟเล็กไม่สูงพอที่จะละลายเหล็กได้

ท่อไฟเล็ก คือ ส่วนที่เป็นพื้นที่ถ่ายเทความร้อน จึงต้องให้ท่อนี้อยู่ในสภาพที่ถ่ายเทความร้อนได้สะดวก ขี้เถ้าหรือเขม่าที่จับท่อไฟอยู่เป็นตัวป้องกันไม่ให้แก๊สร้อนถ่ายเทความร้อนไปสู่น้ำ ดังนั้นจึงต้องหมั่นทำความสะอาดท่อไฟอยู่เสมอ และควรเลือกท่อไฟเล็กชนิด ไม่มีตะเข็บ

การยึดท่อไฟเล็กกับผนังหม้อไอน้ำมีอยู่ 2 วิธี ดังตัวอย่างต่อไปนี้

1. ใช้วิธีเชื่อม
2. ใช้วิธีเบ่ง



rolled and flared, rolled and beaded, expanded by prosser method, grooved tube seat



seat welded bead, rolled and welded, rolled and recess welded, rolled and bevel welded

รูปที่ 2-34 การยึดท่อไฟเล็กกับผนังหม้อไอน้ำ

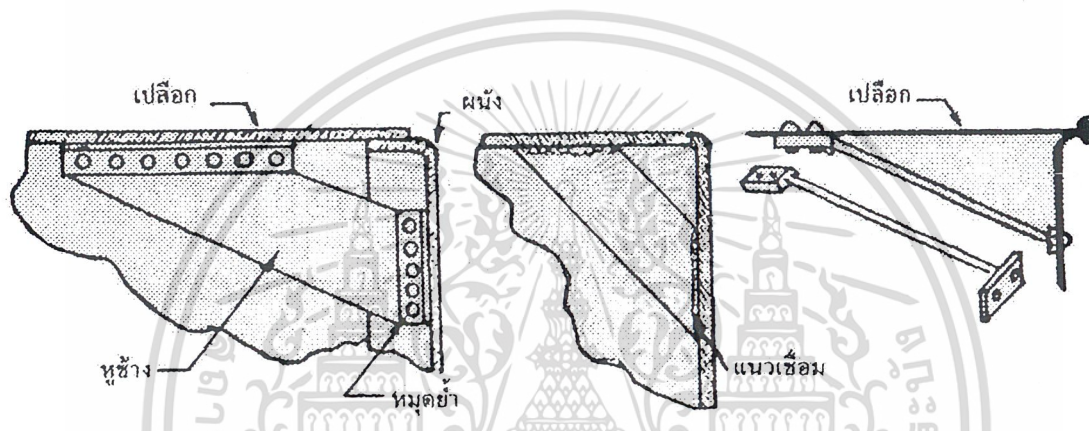
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.6 เหล็กยึดโยงหรือสเตย์ (Stay)

ความดันภายในหม้อไอน้ำพยายามจะดันให้หม้อไอน้ำบวมเป็นทรงกลม แต่เปลือกหม้อไอน้ำก็พยายามคงรูปเดิมไว้ ถ้าความดันภายในหม้อไอน้ำขณะก็จะเกิดการบวมหรือระเบิด ดังนั้นการสร้างและออกแบบหม้อไอน้ำจึงต้องคำนึงถึงส่วนนี้ โดยเฉพาะส่วนที่เป็นพื้นเรียบจะต้องมีเหล็กยึดโยงคอยยึดไว้ให้ส่วนเรียบอยู่ในสภาพเดิมเมื่อได้รับความดัน เหล็กยึดโยงหรือสเตย์ มีลักษณะดังนี้

1. เหล็กยึดโยงระหว่างผนังกับเปลือกหม้อไอน้ำ

เหล็กยึดโยงแบบนี้อาจใช้เป็นแผ่นเหล็ก ซึ่งเราเรียกว่า หูช้าง (Gusset stay) หรือแบบที่ใช้ท่อนเหล็กกลม ซึ่งมีชื่อเรียกหลายอย่าง เช่น Scaly diagonal stay, Palm Stay หรือ Stay rod เป็นต้น แต่ปัจจุบันนิยมใช้แบบแผ่นเหล็ก หรือ หูช้าง กันมากกว่าวิธีการยัดทำได้ 2 วิธี คือ วิธีการเชื่อมและ ใช้หมุดยึดดังรูปที่ 2-35



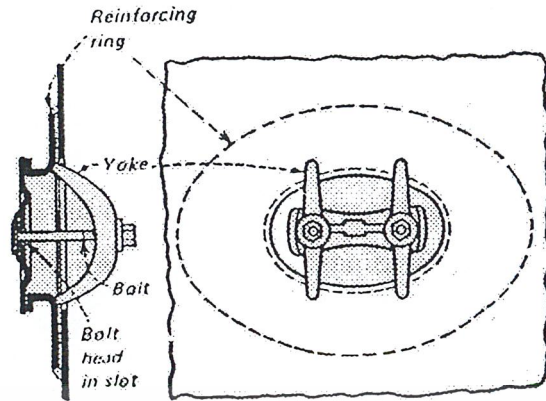
รูปที่ 2-35 เหล็กยึดโยงระหว่างผนังกับเปลือกหม้อไอน้ำ

2. เหล็กยึดโยงระหว่างผนังหน้าและ ผนังหลังหม้อไอน้ำ

จะทำหน้าที่ยึดผนังหน้าและผนังหลังของหม้อไอน้ำให้อยู่รูปเดิม เหล็กยึดโยงแบบนี้ทำด้วยท่อเหล็กกลวง (Stay tube) และ ท่อนเหล็กตัน (Stay rod)

2.8.7 ช่องคนลอด (Man hole) ช่องมือลอด (Hand hole)

ช่องคนลอดมีไว้สำหรับเป็นช่องทางให้คนเข้าไปในหม้อไอน้ำเพื่อทำการตรวจสอบหรือซ่อมแซมหรือทำความสะอาดภายในหม้อไอน้ำ ส่วนที่สัมผัสน้ำ ช่องคนลอดดังรูปที่ 2-36 อาจจะมีจำนวนมากกว่า 1 ช่องก็ได้ หรืออาจไม่มีก็ได้เมื่อหม้อไอน้ำมีขนาดเล็ก สำหรับช่องมือลอดมีไว้สำหรับเป็นช่องทางทำความสะอาดและใช้สายตาตรวจสอบโครงสร้างภายในหม้อไอน้ำซึ่งจะมีขนาดเล็กกว่าช่องคนลอด



รูปที่ 2-36 ลักษณะช่องคนลวดรูปวงรี

2.8.8 ปล่องไฟ

ปล่องไฟทำหน้าที่นำแก๊สร้อนที่ผ่านหม้อไอน้ำออกไปภายนอก ปล่องไฟอาจทำด้วยเหล็กหรืออิฐทนไฟก็ได้ กรณีที่การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงที่มีเขม่าและก๊าซอันตรายออกมามาก ควรจะติดตั้งระบบขจัดเขม่าควัน ก๊าซอันตรายเสียก่อนที่จะระบายออกทางปล่อง

ข้อแนะนำสำหรับการสร้างปล่องไฟ

1. ปล่องไฟควรสร้างให้สูงเพื่อลดความแตกต่างอุณหภูมิแก๊สร้อนกับบรรยากาศ
2. ปล่องไฟที่สร้างควรจะเสียค่าบำรุงรักษาเพียงเล็กน้อย
3. สภาวะของบรรยากาศภายนอกมีผลต่อแรงดูดของลมภายในปล่อง
4. ต้องคำนึงถึงความแข็งแรงของปล่องและฐานราก
5. ควรมีสายล่อฟ้า

บทที่ 3 มาตรฐานที่ใช้ในการออกแบบ

3.1 การจำแนกหม้อน้ำตามมาตรฐาน BSI (British Standards Institution)

Class I

ถ้าการใช้งานเป็นไปตามข้อใดข้อหนึ่งหรือทั้งสองข้อนี้

- a) design pressure $> 0.725 \text{ N/mm}^2$
- b) design pressure คูณด้วยเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของเปลือกหม้อน้ำ (mm) > 920

Class II

ถ้าการใช้งานไม่เป็นไปตามทั้งสองข้อนี้

- a) design pressure $> 0.725 \text{ N/mm}^2$
- b) design pressure คูณด้วยเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของเปลือกหม้อน้ำ (mm) > 920

Class III

ถ้าการใช้งานไม่เป็นไปตามทั้งสองข้อนี้

- a) design pressure $> 0.38 \text{ N/mm}^2$
- b) design pressure คูณด้วยเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของเปลือกหม้อน้ำ (mm) > 480

3.2 Design Pressure

Design Pressure (P) คือความดันที่ใช้ในสูตรที่ให้มา สำหรับการคำนวณส่วนต่างๆ ที่รับความดันสำหรับหม้อน้ำร้อน flash margin จะถูกพิจารณาในการหาความดันออกแบบ hydrostatic head ที่ต้องการไม่ต้องใช้ในการพิจารณา เมื่อมีค่าน้อยกว่า 10 % ของความดันใช้งานของหม้อน้ำ

Design Pressure จะต้องไม่น้อยกว่าความดันที่สูงที่สุด ที่ซึ่งลิ้นนิรภัยถูกตั้งไว้ มันสามารถที่จะตัดสินใจได้ว่าจะมี margin ระหว่างความดันจริงที่ซึ่งหม้อน้ำทำงานและความดันต่ำที่สุดที่ซึ่งลิ้นนิรภัยถูกตั้งให้ยกขึ้นเพื่อที่จะป้องกันการรอกตัวของลิ้นนิรภัยโดยที่ไม่จำเป็น

ลิ้นนิรภัยจะสามารถป้องกันความดันของหม้อน้ำที่เพิ่มขึ้นมากกว่า 110 % ของ Design Pressure

3.3 Design Temperature

A = พื้นที่ผิวถ่ายเทความร้อนโดยการแผ่รังสี (m^2) รูปที่ 3-1 ถึง 3-5

e_1 = ความหนาจริงของท่อ (mm)

e_2 = ความหนาของแผ่นเหล็ก (mm)

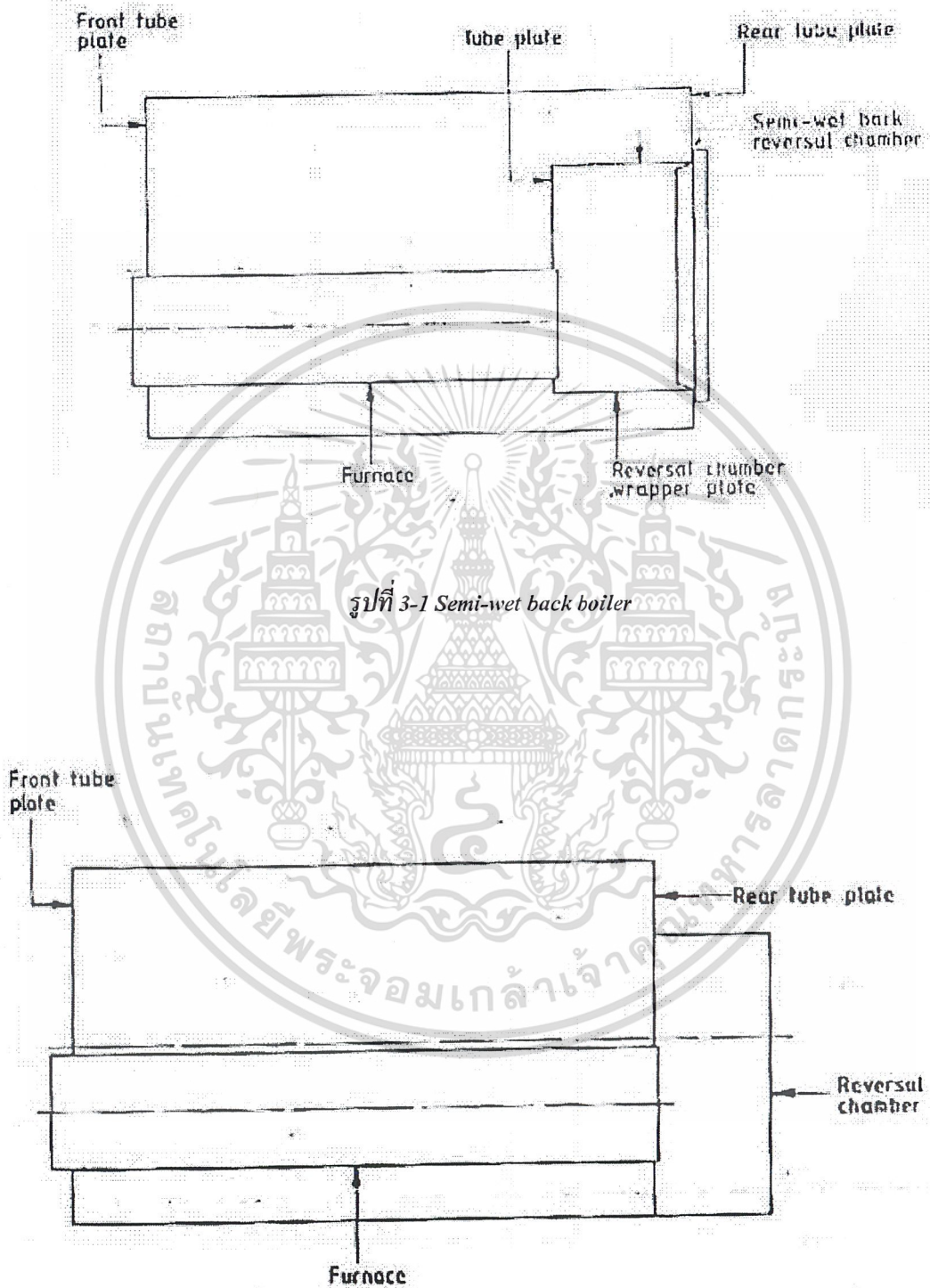
H = ความร้อนสุทธิที่ให้ (watts)(อัตราการให้ความร้อนสูงสุดของ burner ตามค่า ความร้อนของเชื้อเพลิง)

t = Design Temperature ($^{\circ}\text{C}$)

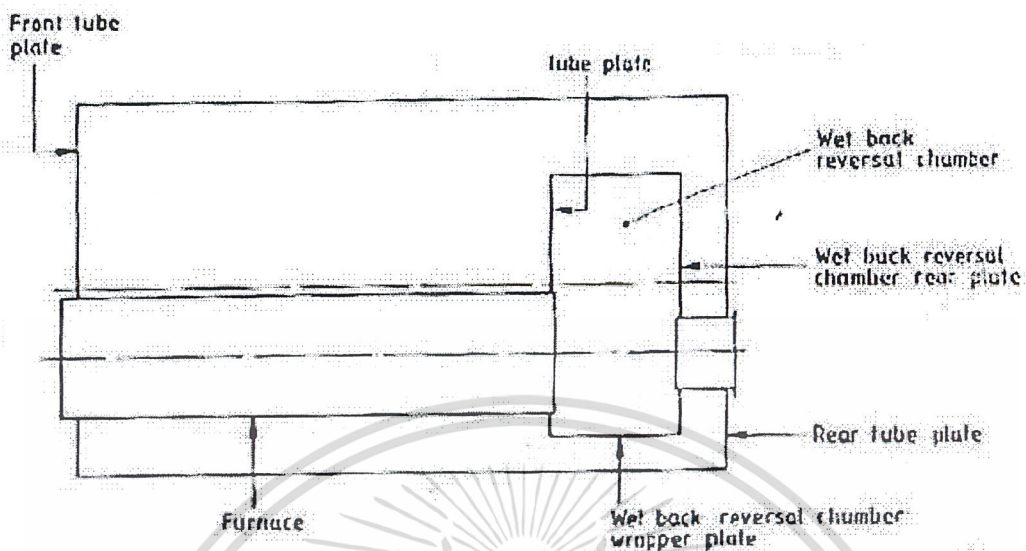
t_G = อุณหภูมิของแก๊สที่ทางเข้า ($^{\circ}\text{C}$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารทรัพย์สินทางปัญญาของบริษัทฯ เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

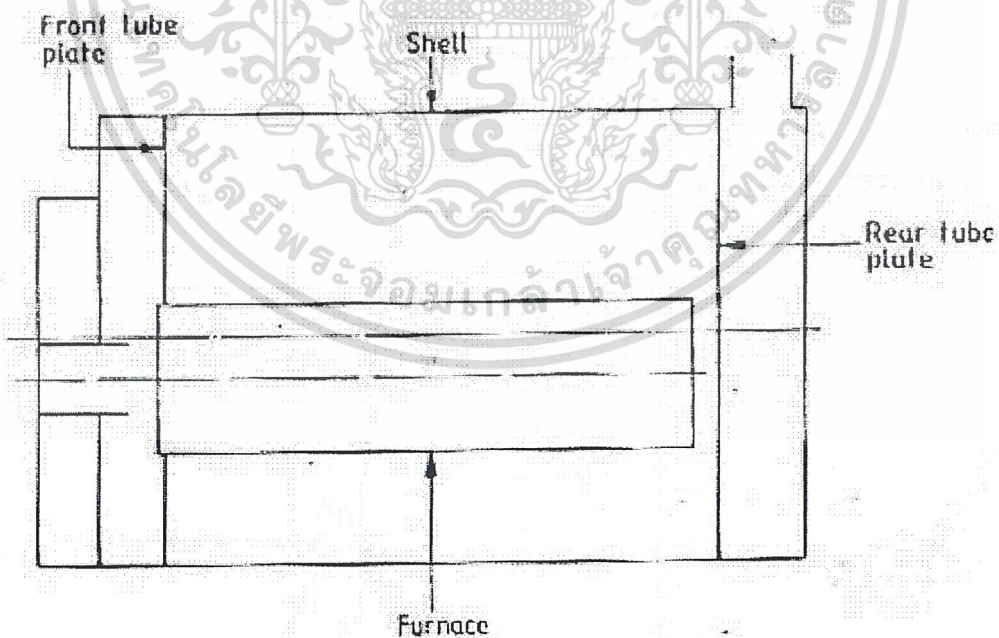
t_s = อุณหภูมิอิ่มตัวของน้ำที่ Design Pressure ($^{\circ}\text{C}$) สำหรับทั้งหม้อน้ำร้อนและหม้อไอน้ำ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

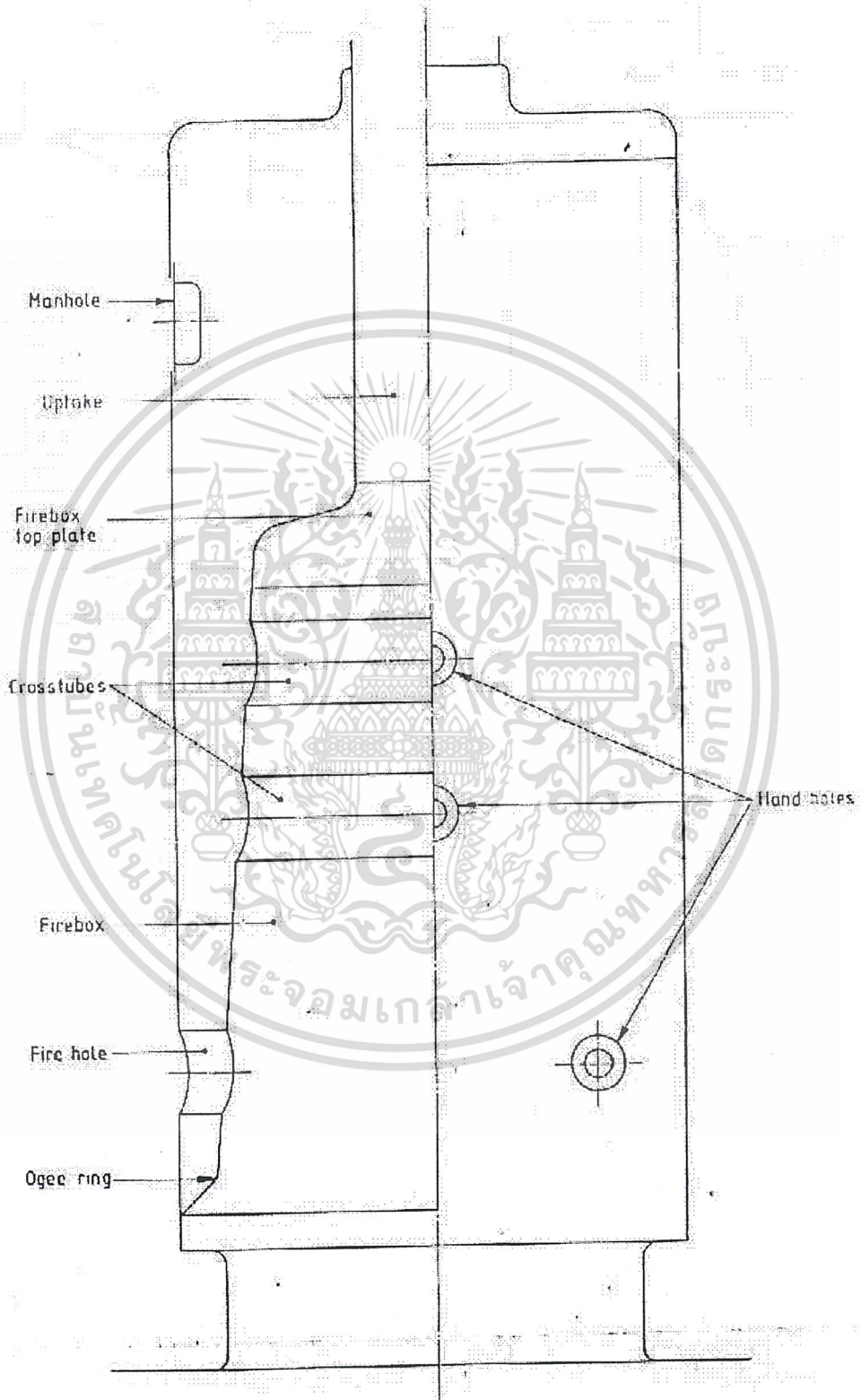


รูปที่ 3-3 Wet back boiler



รูปที่ 3-4 Reverse fired tube boiler

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

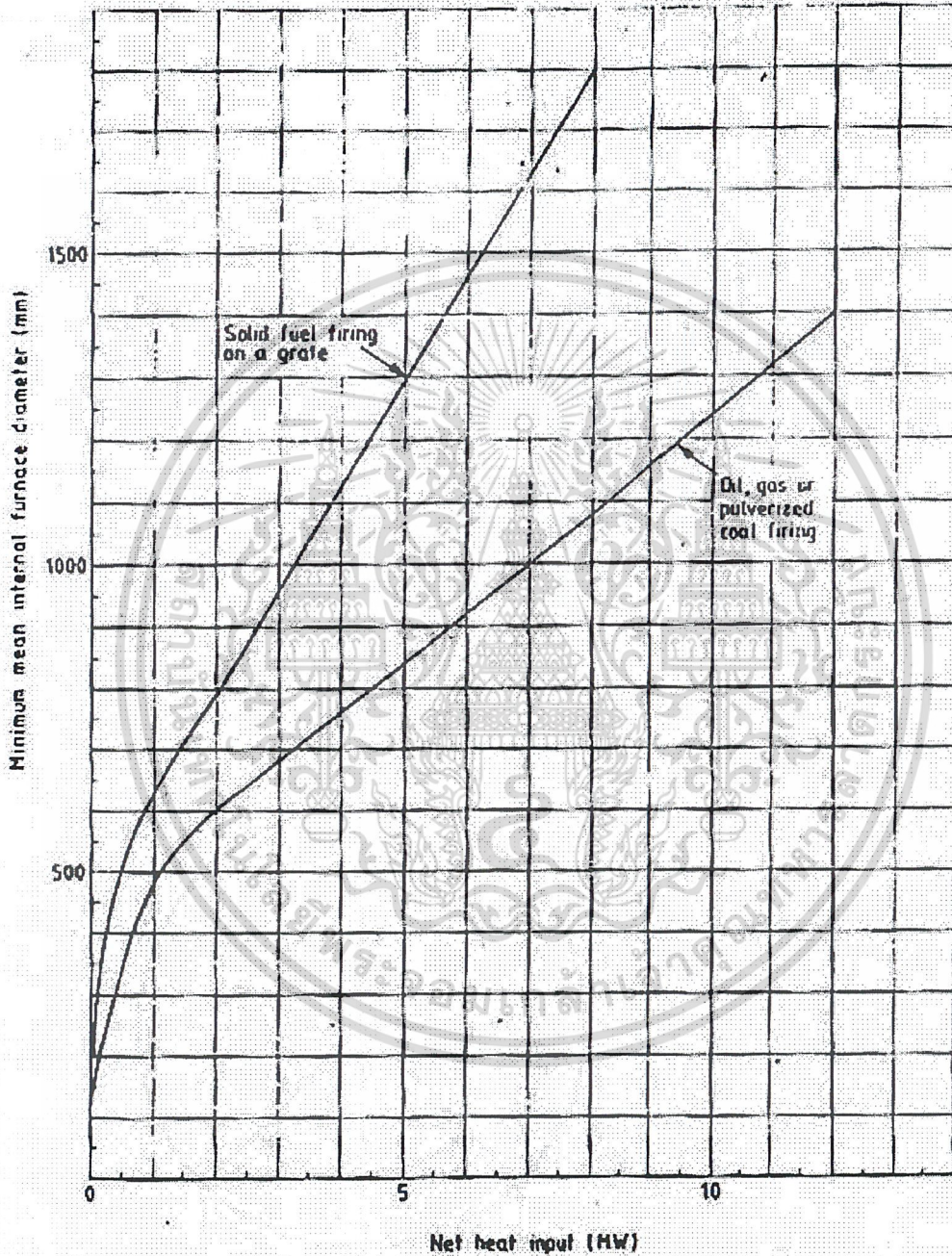


รูปที่ 3-5 Vertical boiler

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 การหาอุณหภูมิของโลหะ

ความร้อนที่ให้สูงสุดสำหรับเส้นผ่านศูนย์กลางกลางของ furnace จะเป็นไปตามรูปที่ 3.6



รูปที่ 3-6 Relationship between furnace diameter and permissible heat input

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.1 Design Temperature

(t) ที่ใช้ในการหาค่า Design Stress จะเป็นอุณหภูมิเฉลี่ยของโลหะ ภายใต้สภาวะการทำงาน สำหรับส่วน ที่ถูกพิจารณาที่ความดันเดียวกัน ซึ่งจะกำหนดให้ไม่น้อยกว่า 250 °C

Design Temperature สำหรับส่วนประกอบอื่น ของหม้อน้ำจะหา ได้ดังนี้

(a) สำหรับเปลือกและส่วนประกอบอื่น ๆ ที่ไม่ได้ออกแบบสำหรับการถ่ายเทความร้อน Design Temperature อาจถูกกำหนดเป็นอุณหภูมิสูงสุดของน้ำที่บรรจอยู่

(b) สำหรับ smoke tubes Design Temperature จะหาได้ตามสมการดังนี้

$$t = t_s + 2e_1$$

หรือ $t = t_s + 25$

(c) สำหรับ plain plates ที่ไม่โดนเปลวไฟ หรือ tube plates ที่อุณหภูมิแก๊สที่เข้าไม่เกิน 800 °C และสำหรับ reversal chamber wrapper plates จะหาได้ตามสมการดังนี้

$$t = t_s + 2e_2$$

หรือ $t = t_s + 50$

(d) สำหรับ tube plates ที่โดนไฟโดยตรง ที่อุณหภูมิแก๊สที่เข้าเกิน 800 °C Design Temperature และอุณหภูมิสูงสุดของโลหะจะหาได้ตาม สมการ

$$t_g = 52.4 \left(\frac{H}{A} \right)^{0.25}$$

(e) อุณหภูมิสูงสุดของโลหะจะไม่เกิน 420 °C ยกเว้น tubes ซึ่งผลิตจาก rimming steel นั้นเหมาะสมพอดี ซึ่งในกรณีนี้ อุณหภูมิของโลหะจะไม่เกิน 380 °C

(f) อุณหภูมิของโลหะที่ออกแบบสำหรับ furnace และ fireboxes จะหาได้ตามสมการดังนี้

$$t = t_s + 4e_2 + 15$$

3.5 Design stress

เครื่องหมาย

E_s = ความเค้นที่จุดครากหรือความเค้นพิสูจน์ที่อุณหภูมิออกแบบ (N/mm²)
เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของ บริษัท วิศวกรรมเครื่องกล จำกัด ในประเทศไทย ให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

f = ความเค้นออกแบบ (N/mm^2)

R_m = ความต้านแรงดึงที่อุณหภูมิห้อง (N/mm^2)

t = อุณหภูมิออกแบบ ($^{\circ}C$)

design stress f , จะเป็นค่าที่น้อยกว่าของสมการ

$$f = \frac{E_t}{1.5} \text{ และ } \frac{R_m}{2.4}$$

3.6 Cylindrical Shells under Internal Pressure

เครื่องหมาย

C = ค่าการกัดกร่อนกำหนดเป็น 0.75 mm

e = ความหนาต่ำสุดของเปลือก (mm)

f = design stress (N/mm^2)

P = design pressure (N/mm^2)

R_r = รัศมีภายในของเปลือก (mm)

Z = stress reduction factor

= 1.0 สำหรับ class 1 boilers

= 0.85 สำหรับ class 2 boilers

= 0.65 สำหรับ class 3 boilers

3.6.1 การหาความหนาของเปลือกทรงกระบอก

การหาความหนาต่ำสุดจะหาได้จากสมการข้างล่างนี้แต่จะต้องไม่น้อยกว่า 6 มม. สำหรับเปลือกที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกมากกว่า 1000 มม. หรือ 4 มม. สำหรับเปลือกที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกเท่ากับหรือน้อยกว่า 1000 มม.

$$e = \frac{PR_r}{fZ - 0.5P} + c$$

3.7 Boiler supports

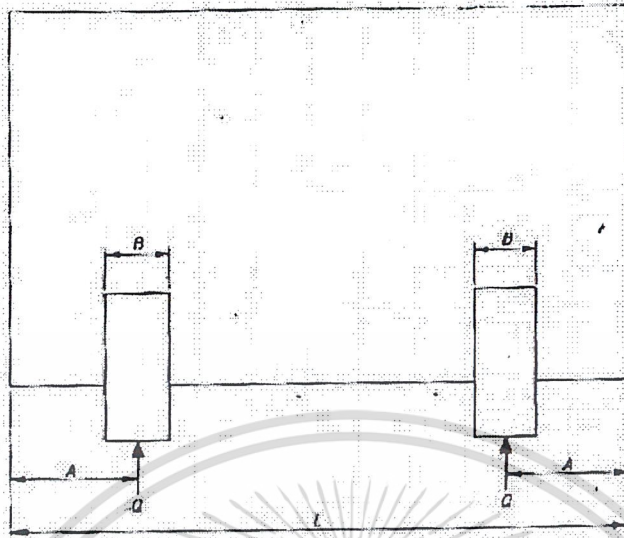
3.7.1 leg supports

ถ้าหม้อน้ำ ที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอกน้อยกว่า 1500 mm ถูกรองรับบน legs แล้วความหนาของเปลือก จะคำนวณ โดยใช้ stress reduction factor ไม่นเกิน 0.85 เว้นแต่กรณีของ class I boilers

3.7.2 Saddle supports

โดยทั่วไปเมื่อ หม้อน้ำถูกรองรับบน saddles มุม Subtended จะไม่น้อยกว่า 60° สำหรับหม้อน้ำที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกของเปลือก น้อยกว่า 1500 mm และไม่น้อยกว่า 90° สำหรับหม้อน้ำที่เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกของ เปลือกเท่ากับหรือ มีค่ามากกว่า 1500 mm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3-7 Design of saddle supports

สำหรับหม้อน้ำที่เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกของ เปลือกน้อยกว่า 1500 mm ความหนาของเปลือก จะคำนวณ โดยใช้ค่า stress reduction factor ไม่เกิน 0.85

เมื่อหม้อน้ำที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกของ เปลือกเท่ากับหรือมากกว่า 1500 mm ถูกรองรับ บน saddles แล้ว circumferential combined stress ในเปลือกจะหาได้ตามนี้

เครื่องหมาย (ดูรูป 3-7)

A = ระยะทางจาก boiler end plate ถึง ศูนย์กลางของ saddle (mm)

B = ความกว้างของ saddle top plate ($\geq 10e$) (mm)

e = ความหนาจริงของเปลือกลบด้วยค่าการกัดกร่อนที่ยอมให้ (mm)

k = ค่า สัมประสิทธิ์ ที่ได้มา จากรูปที่ 3-10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

L = ความยาวของ เปลือกหม้อน้ำ ระหว่าง end plates (mm)

P = Design pressureของหม้อน้ำ (N/mm^2)

Q = แรงบน saddle (N)

R = รัศมีเฉลี่ยของ เปลือกทรงกระบอก (mm)

θ = angle subtended (degrees)

3.8 การกำหนด circumferential combined stress

ค่าของ circumferential combined stress (σ) จะต้องไม่เกิน $1.5 f$

ถ้า $\frac{L}{R} > 8$

$$\text{แล้ว } \sigma = \frac{PR}{e} - \frac{Q}{4e(B+10e)} + \frac{1.5kQ}{e^2}$$

ถ้า $\frac{L}{R} \leq 8$

$$\text{แล้ว } \sigma = \frac{PR}{e} - \frac{Q}{4e(B+10e)} + \frac{12kQR}{Le^2}$$

3.9 Dished and flanged ends

เครื่องหมาย

D_o = เส้นผ่าศูนย์กลางภายนอกของ end plate (mm)

e = ความหนาของ end plate (mm)

H = ความสูงภายนอกของ dishing (mm)

r_i = รัศมีมุมภายใน (mm)

R_i = รัศมีภายในของ dishing (mm)

3.10 Torispherical, semi-ellipsoidal and hemispherical unstayed ends, dished from plate, having pressure on the concave side

Torispherical ends จะเป็นไปตามความตัมพันธ์ต่าง ๆ ดังนี้ ดูรูป 3-8(a)

$$0.005 D_o \leq e \leq 0.08 D_o$$

$$R_i \leq D_o$$

$$r_i \geq 0.1 D_o$$

$$r_i \geq 2e$$

$$H \geq 0.18 D_o$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.10.1 Semi-ellipsoidal ends

ประกอบด้วยความสัมพันธ์ต่าง ๆ ดังนี้ รูป 3-8(b)

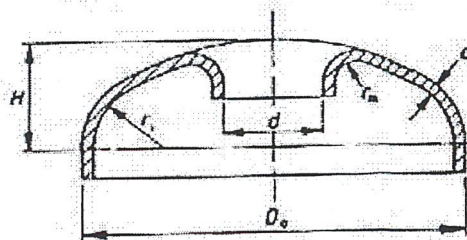
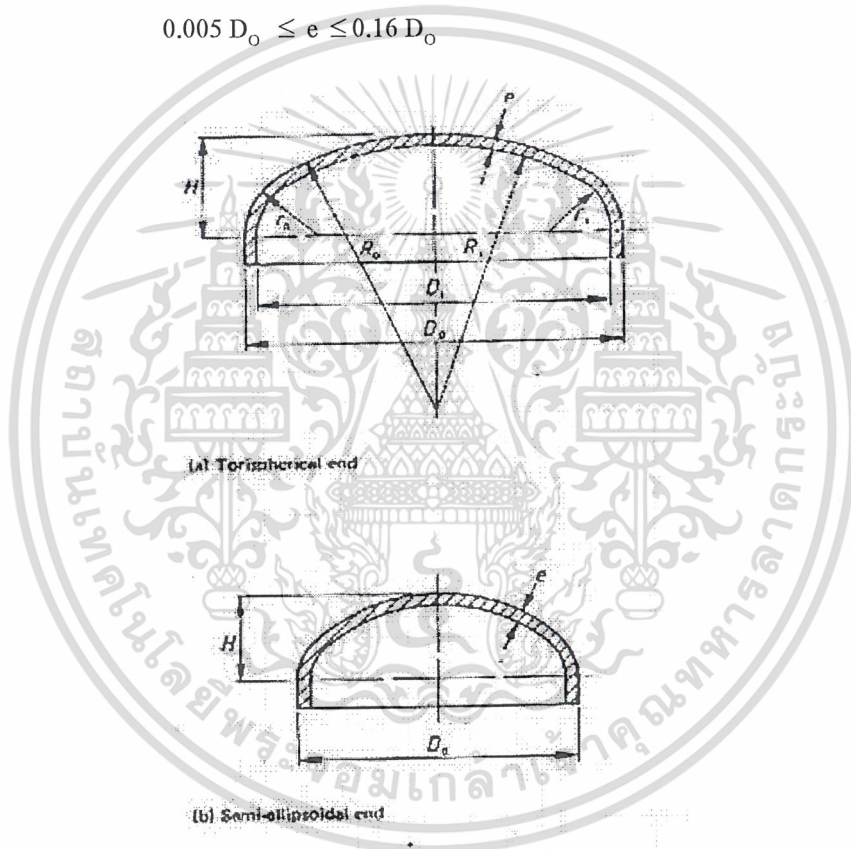
$$0.005 D_o \leq e \leq 0.08 D_o$$

$$H \geq 0.18 D_o$$

3.10.2 Hemispherical ends

ประกอบด้วยความสัมพันธ์ต่าง ๆ ดังนี้ รูป 3-8(c)

$$0.005 D_o \leq e \leq 0.16 D_o$$



(c) End with manhole (semi-ellipsoidal or torispherical)

รูปที่ 3-8 Typical dished ends

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรรใช้ในงานเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.10.3 ความหนา

เครื่องหมาย

c = corrosion allowance มีค่าเท่ากับ 0.75 mm

e = ความหนาของ end plate หลังจาก dishing (mm)

f = design stress (N/mm^2)

K = shape factor

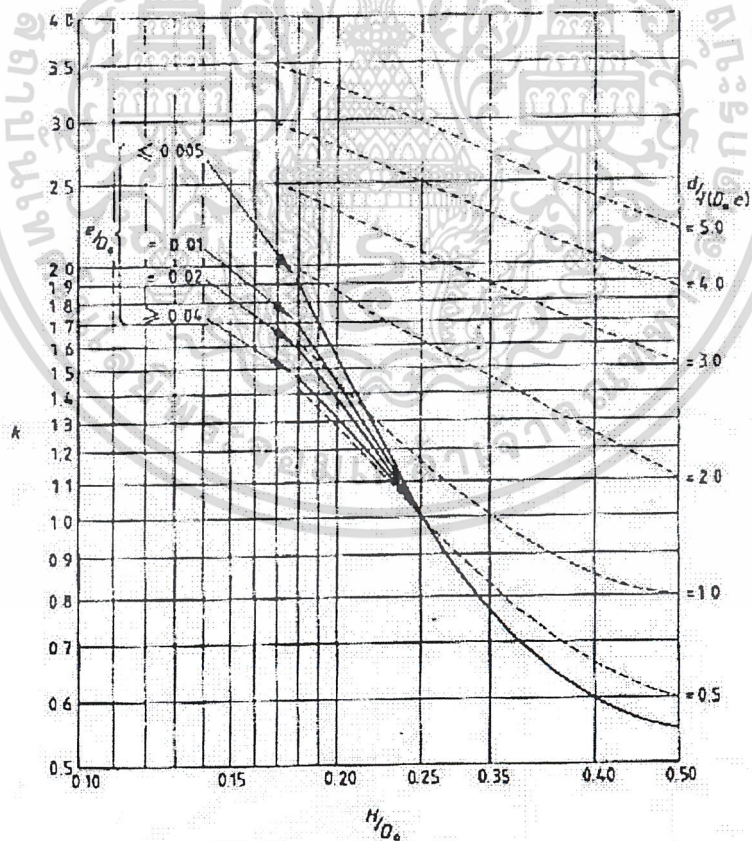
P = design pressure (N/mm^2)

ความหนาคำนวณได้จากสมการดังนี้

$$e = \frac{PD_0 K}{2f} + C$$

ความหนาดำสุด (e) ไม่ควรน้อยกว่า 6 mm

Shape factor K ได้จากกราฟใน รูป 3-9 และขึ้นอยู่กับอัตราส่วนของความสูงต่อเส้นผ่านศูนย์กลาง H/D_0 แต่ถ้า H/D_0 มีค่าน้อยกว่า 0.25 ค่าของ K จะขึ้นอยู่กับอัตราส่วนของความหนาต่อเส้นผ่านศูนย์กลาง e/D_0



รูปที่ 3-9 Shape factor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.11 Openings in dished ends

เครื่องหมาย

A = พื้นที่ภาคตัดขวางของ reinforcement (mm^2)

d = เส้นผ่านศูนย์กลางของ opening in end plate ที่ใหญ่ที่สุด (mm) (ในกรณีของ elliptical opening ใช้แกนหลักของวงรี)

d_1 = เส้นผ่านศูนย์กลางของ รูที่เล็กกว่า (mm)

d_o = เส้นผ่านศูนย์กลางภายในของ reinforcing ring (mm)

D_o = เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกของ dished end (mm)

e = ความหนาจริงของ end plate (mm)

l_1 = ความกว้างของ reinforcement (mm)

l_2 = ความยาวของ reinforcing ring (mm)

l_1 = ความหนาจริงของ reinforcing ring (mm)

r_m = รัศมีของ flanged openings (mm)

R_1 = รัศมีภายในของส่วน spherical , torispherical end หรือสำหรับ ellipsoidal end , รัศมีภายในของ meridian ของวงรีที่ศูนย์กลางของ opening (mm)

3.11.1 unreinforced openings. Opening in dished ends

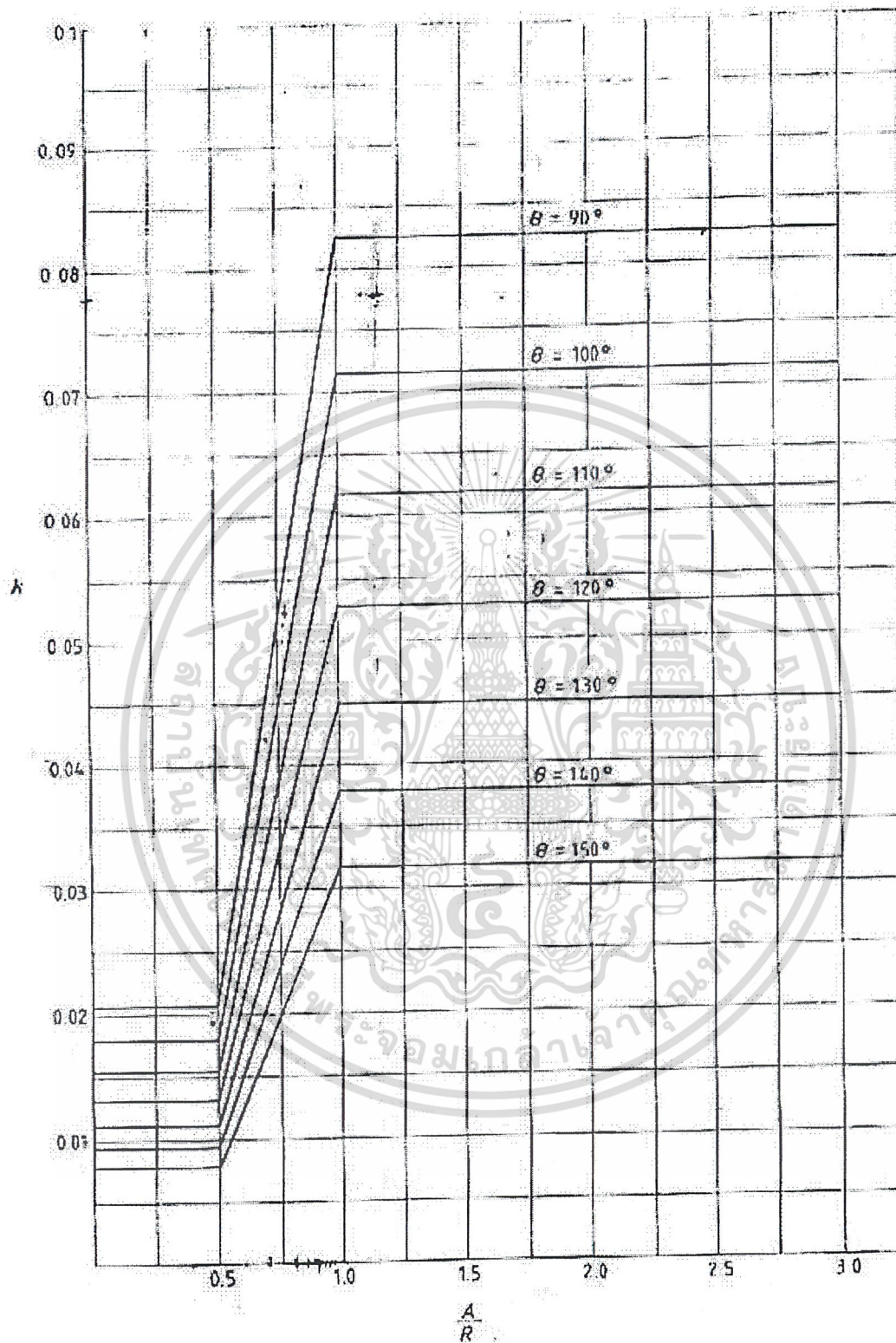
อาจจะเป็นทรงกลม หรืออาจเป็นวงรีค่า k ในรูปที่ 3-10 เป็นค่าของ k ที่ใช้ในสมการ สำหรับ ends ที่มี unreinforced openings เช่น man holes หรือ tube holes ซึ่งขึ้นกับค่าของ $d / \sqrt{(D_o e)}$ การคำนวณจะเป็นไปตามกรณีดังนี้

$$\frac{e}{D_o} \text{ จะไม่เกิน } 0.1$$

$$\frac{e}{D_o} \text{ จะไม่เกิน } 0.5$$

ข้อ 3.11.1 สามารถนำมาใช้ได้กับ flanged openings และ unflanged openings ได้

ถ้าเป็น flanged openings รัศมี r_m ของ flanging จะไม่น้อยกว่า 25 mm



รูปที่ 3-10 Evaluation of coefficient k

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.12 Dished and flanged ends

สำหรับ Cornish and Lancashire boilers

เครื่องหมาย

c = corrosion allowance ถูกกำหนดเป็น 0.75 mm

e = ความหนาของ end plate (mm)

f = design stress (N/mm^2)

$f_1 = 0.8f$

H = ความลึกทั้งหมดของ compensating flange (mm)

P = design pressure (N/mm^2)

R_1 = รัศมีภายในตรงส่วนโค้งของ end plate (mm)

W = แกนรองของ manhole (mm)

3.12.1 ความหนาที่ต่ำที่สุดของ dished ends

หาได้จากสูตร

$$e = \frac{PR_1}{2f_1} + C$$

รัศมีภายในส่วนโค้งของ end plate จะไม่เกิน 1.5 คูณเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก เปลือก รัศมีภายในของส่วนโค้งที่อยู่ระหว่าง flange กับพื้นผิวของ spherical ของ end จะไม่น้อยกว่า 3 คูณความหนาของ plate แต่จะไม่น้อยกว่า 64 mm

ที่ซึ่ง end plate มี manhole ความลึกรวมของ flangeing หรือ ring ที่วัดจากแกนรองจะไม่น้อยกว่าที่หาโดยสูตรดังนี้

$$H = \sqrt{ew}$$

3.13 Opening in cylindrical shells

เครื่องหมาย

A = รูปที่ 3-11

B = รูปที่ 3-11

C = รูปที่ 3-11

d = รูของ opening ที่ไม่ใช่วงกลม d จะกำหนดตามแกนหลักของ opening

D = รูปที่ 3-11

D_o = เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกของเปลือก (mm)

e = ความหนาจริงของเปลือก (mm)

e_a = ความหนาจริงของ branch wall (mm)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

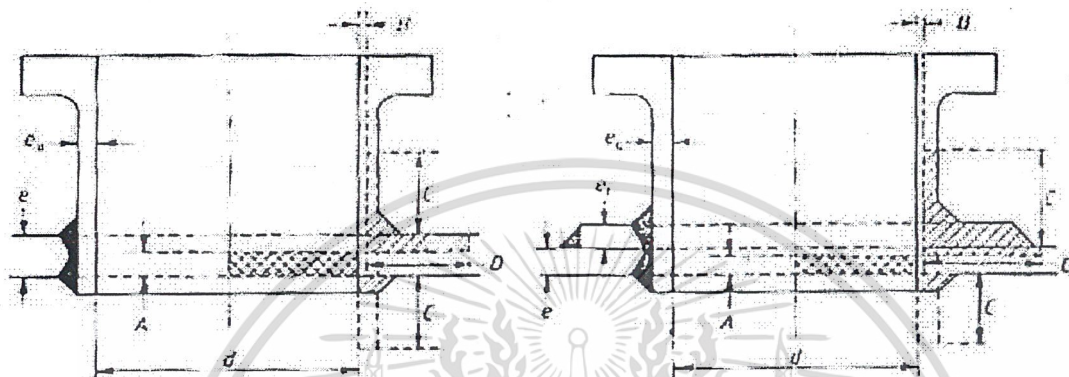
e_r = ความหนาจริงของ reinforcement ที่เพิ่มที่ด้านนอกของ เปลือก (mm)

f = design stress (N/mm^2)

P = design pressure (N/mm^2)

x = จากรูปที่ 3-11

y = จากรูปที่ 3-11



รูปที่ 3-11 Compensation of welded branch up to one-third of the diameter of the boiler shell

3.13.1 Unreinforced opening

ไม่มีความต้องการ reinforcement ถ้าเป็นไปตามความสัมพันธ์นี้

$$\frac{d}{D_O} \sqrt{\left(\frac{D_O}{2e}\right)} \leq 0.1$$

3.14 Opening and Branches

Raised circular manholes จะหนาไม่น้อยกว่า 19 mm ในทุกๆส่วนและเส้นผ่านศูนย์กลางภายในไม่น้อยกว่า 400 mm

design temperature $250^\circ C$ ใช้ความดันดังต่อไปนี้

a) PN 10 สำหรับ design pressure ไม่เกิน $0.7 N/mm^2$

b) PN 16 สำหรับ design pressure เกินกว่า $0.7 N/mm^2$ แต่ไม่เกิน $1.3 N/mm^2$

c) PN 25 สำหรับ design pressure เกินกว่า $1.3 N/mm^2$ แต่ไม่เกิน $1.8 N/mm^2$

สำหรับ design pressure เกินกว่า $1.8 N/mm^2$ จะไม่ใช่ raised circular manhole

3.15 Isolated openings in flat end plates support by stays

3.15.1 Manholes Headholes and handholes

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

d_{io} = ครึ่งของแกนหลักและแกนรองเฉลี่ย ของ opening (mm)

D = ค่าที่มากกว่าของค่าทั้งสอง ($e_{rep} + 75$) หรือ d_{io} (mm)

e_{cp} = ความหนาของ flat end plate ที่คำนวณได้จากสูตรหา end plate (mm)

e_{rep} = ความหนาของ flat end plate (mm)

e_{sr} = ความหนาของ flange หรือ stiffening ring (mm)

h_f = ความลึกของ flange หรือ stiffening ring (mm)

3.15.2 Branch Openings

C = ค่าที่น้อยกว่าของทั้งสองค่า $2.5e_{rep}$ หรือ $(2.5 e_b + e_{cp})$ (mm)

d_{ib} = ช่องของ branch opening (mm)

D = ค่าที่มากกว่าของทั้งสองค่า ($e_{rep} + 75$) หรือ $(d_{ib} + 4)$ (mm)

e_b = ความหนาของ branch wall (mm)

e_{cb} = ความหนาของ branch wall ที่คำนวณได้ให้ $Z = 1.0$ (mm)

e_{cp} = ความหนาของ flat end plate ที่คำนวณได้ (mm)

e_{rep} = ความหนาของ flat end plate (mm)

e_{rp} = ความหนาของ reinforce plate (mm)

3.15.3 Unreinforced openings

เส้นผ่านศูนย์กลางสูงสุด d_{max} (หรือ แกนหลัก) ของ unreinforced opening ใน flat end plate จะหาได้จากสมการ

$$d_{max} = 8e_{rep} \left(\frac{1.5e_{rep}^2}{e_{cp}^2} - 1.0 \right)$$

3.16 Branch

ความหนาของ Branches จะคำนวณได้จาก

$$e = 0.015 d_o + 3.2$$

เมื่อ

e = ความหนาต่ำที่สุด (mm)

d_o = เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกของ standpipe หรือ branch (mm)

3.17 Access and inspection

หมอน้ำทั้งหมดจะเตรียมให้มีช่องเปิดเพียงพอ ทั้งขนาดและจำนวน เพื่อที่จะเข้าไปทำการแต่งทำ

ความสะอาดตรวจภายในและการระบายอากาศ ขนาดต่าง ๆ ของ opening จะเป็นไปตาม 3.17.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หม้อน้ำที่มีขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางของเปลือก 1500 mm หรือมากกว่าจะถูกออกแบบ ให้คน หนึ่งคนสามารถเข้าไปได้ โดยที่มีหรือไม่มีกรเอาส่วนต่าง ๆ ภายในของหม้อน้ำ ออกและจะเตรียมไว้ด้วย manhole ยกเว้นกรณีของหม้อน้ำร้อนซึ่งระยะห่างระหว่างเปลือกและ furnace อาจจะไม่ยอมให้เอา tubes ออก กรณีเช่นนี้ ทางเข้าจะเตรียมโดย sight hole , handholes and headholes

หม้อน้ำที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางของเปลือกน้อยกว่า 1500 mm ซึ่งคนสามารถเข้าไปได้หนึ่งคนจะเตรียม ให้มี manhole

หม้อน้ำที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางของเปลือก ระหว่าง 800 และ 1500 mm จะถูกเตรียมด้วย headhole อย่างน้อยที่สุด

3.17.1 ชนิดและขนาดต่ำที่สุดของ access and inspection openings

3.17.2 Sight holes

จะมีเส้นผ่านศูนย์กลางภายในน้อยที่สุด 50 mm ถ้าความสูงบริเวณคอไม่เกิน 50 mm handholds จะมีขนาดน้อยที่สุด 80 mm x 100 mm หรือมีเส้นผ่านศูนย์กลางภายในเท่ากับ 100 mm ถ้าความสูงบริเวณ คอหรือ ring height ไม่เกิน 65 mm หรือ ในกรณีของ รูปทรงกรวย 100mm ถ้ามีเพียงหนึ่ง handhole ขนาดจะไม่น้อยกว่า 100mm x 120 mm

3.17.3 headholes

จะมีขนาดน้อยที่สุด 220 mm x 320 mm หรือมีเส้นผ่าศูนย์กลางภายในเท่ากับ 320 mm ถ้าความ สูงที่คอ หรือ ring height ไม่เกิน 100 mm ถ้าความสูงที่คอหรือ ring height เกินค่าที่จำกัดไว้ใน ขนาดของ hole จะเพิ่มขึ้นเพื่อที่จะเพียงพอในการ ตรวจง่าย

3.17.4 manholes

รูปวงรี จะมีขนาดไม่เล็กกว่า 400 mm x 300 mm manholes รูปวงกลมเส้นผ่าศูนย์กลางจะไม่ น้อยกว่า 400 mm

3.18 stayed flat surfaces

เครื่องหมาย

a = ขนาดหลักของ พื้นี่รูปไข่หรือรูปสี่เหลี่ยม

b = ขนาดรองของพื้นที่รูปไข่หรือรูปสี่เหลี่ยมหรือเส้นผ่านศูนย์กลางของวงกลมหลัก

c = Corrosion Allowance กำหนดเป็น 0.75 mm

e = ความหนาของ Flate Plate (mm)

f = Design Stress (N/mm²)

j = ค่าคงที่ตามตารางที่ 3-1

Y = ค่าตัวประกอบหา โดยใช้อัตราส่วน b/a

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Form of support	j
Gusset stay or link stay	0.30
Gusset stay in which the angle	0.45
Unset stay tube with plain tube welded at both end	0.30
Isolated plain bar stays or stay tube	0.45
Non-isolated plain bar stays or stay tube	0.39
Bar stay with washers	0.35
Bar stay with washers	0.33
Reversal chamber stays	0.39
Flat end plate or tube plate attachments to shell	
Flanged and plate	0.32
Set-in end plate with inter fillet weld Set-on end plate plates	
End plate	
≥ 1.4	0.33
$> 1.4 \leq 1.6$	0.36
$< 1.6 \leq 1.8$	0.39
> 1.8	0.42
Set- in end plate with no internal fillet weld	0.45
Reversal chamber or firebox flat tube plate or end plate attachment to wrapper plates	
Flanged end and plate	0.32
Set-in tube plate or end plate and with internal	0.33
Fillet weld	
Set-in tube plate or end plate with on internal fillet weld	0.45
Flat end plate or tube plate attachments to reversal chamber access tube	
Internal fillet weld	0.30
No internal fillet weld	0.45
Flat end plate attachment of furnace Internal fillet weld	
Plain furnace	
Corrugated furnace with corrugation less than 20 mm deep	0.30
Corrugated furnace with corrugation less than 50 mm or greater	0.32
Length > 4 m	0.37
Length ≤ 4 m	0.34
Bowling hoop furnaces	0.32
no internal fillet weld	0.45

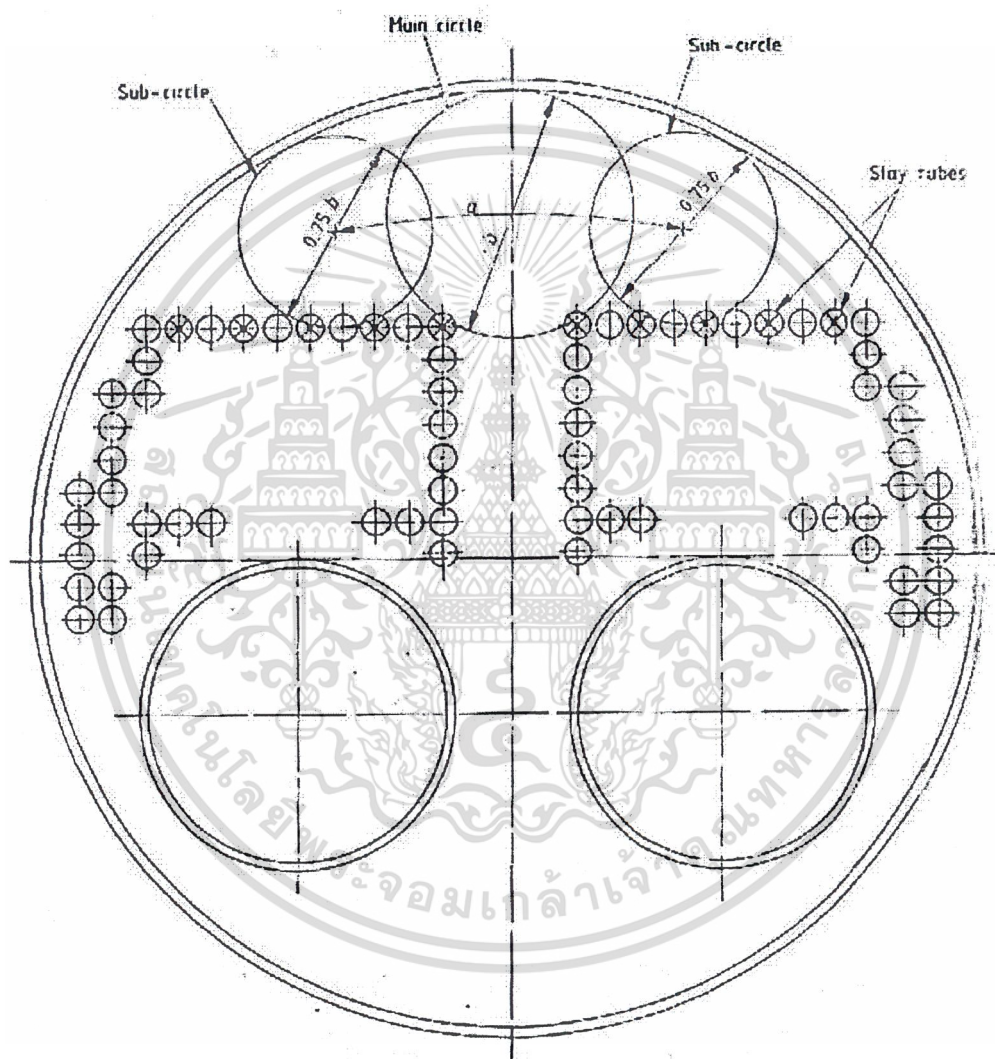
ตารางที่ 3-1 Value of constant j

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

stayed flat surfaces จะใช้ในการหาความหนาของ flat plates ที่รองรับโดย stays จะหาได้จาก

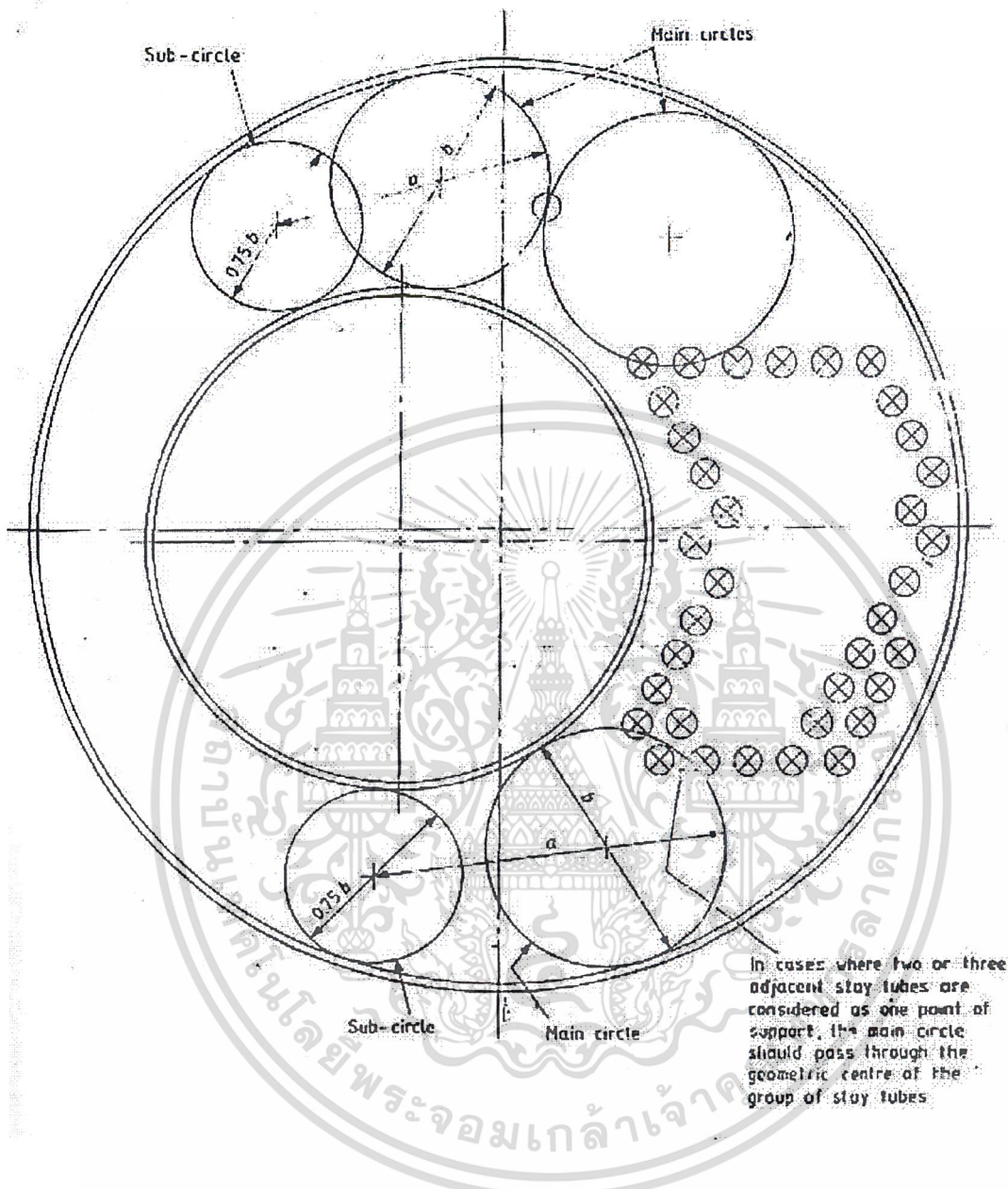
สูตร

$$e = b_j y \sqrt{\left(\frac{P}{f}\right)} + C$$



รูปที่ 3-12 Use of sub-circles (twin furnace)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3-13 Use of sub-circles (single furnace)

3.18.1 Stays for fireboxes and wet back reversal chambers

3.18.1.1 Bar stays for flat plates

ความเค้นที่ข้อมใหใน stays คำนวณได้ตามพื้นที่ภาคตัดขวางที่หาจากเส้นผ่านศูนย์กลางจะไม่เกิน 70 N/mm^2 เส้นผ่านศูนย์กลางของ stay จะไม่น้อยกว่า 20 mm

Stay ในแผ่นหลังของ wet back reversal chambers จะใช้กับกฎดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

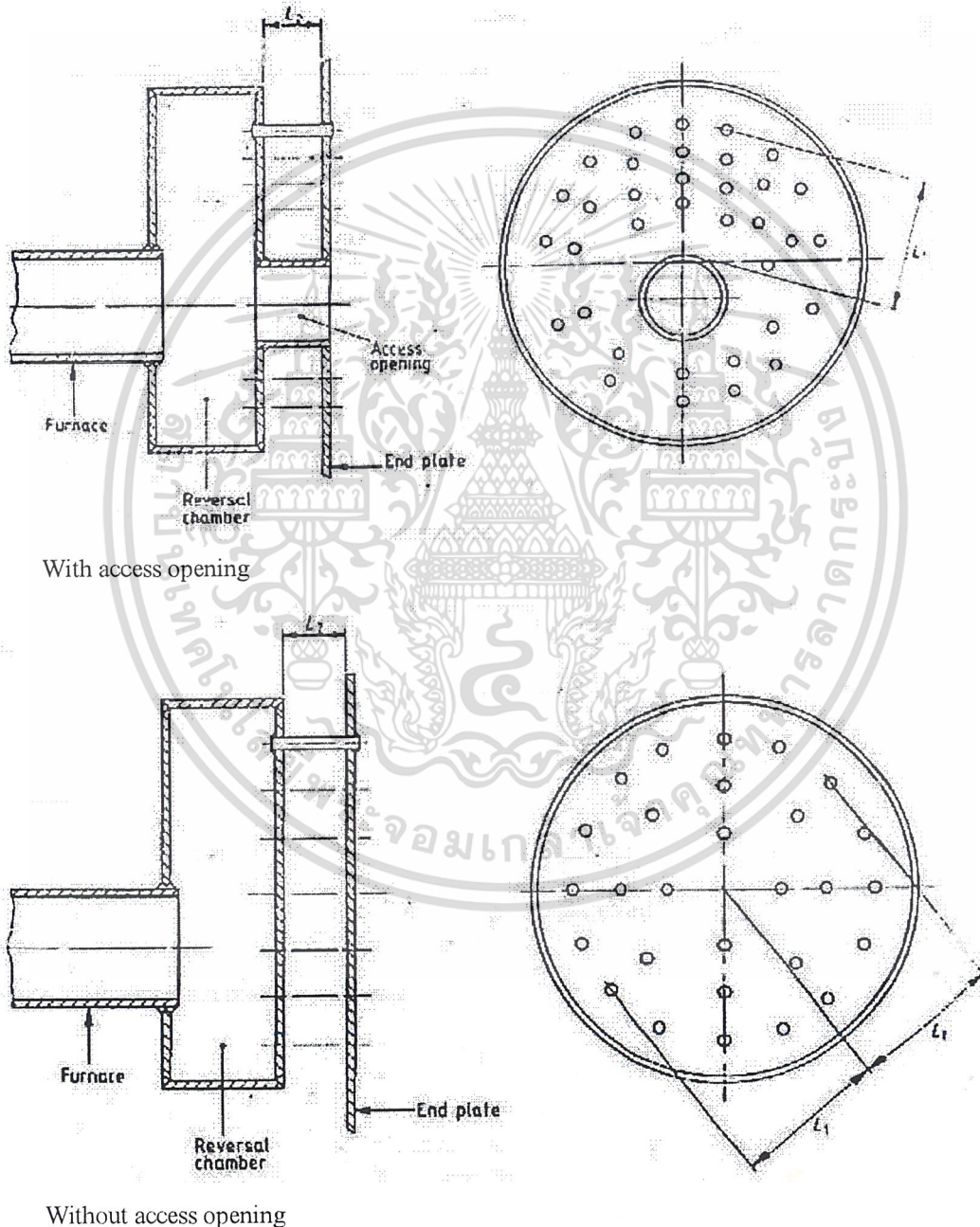
$$\frac{dL_1}{L_2^2} \leq 2.0$$

เมื่อ

d = เส้นผ่านศูนย์กลางกลางของ stay (mm)

L_1 = ระยะห่างที่สั้นที่สุดจากจุดของทางเข้าช่องเปิดถึงเส้นศูนย์กลางของ stay ไกลออกจากทางเข้าช่องเปิด(mm)หรือที่ซึ่งไม่มีทางเข้าช่องเปิดครึ่งของระยะระหว่างเส้นศูนย์กลางของ stays

L_2 = ระยะห่างระหว่าง rear plate ของ chamber และ ผนังหลังของหม้อน้ำ(mm)



รูปที่ 3-14 Bar stays for the rear plate of wet back reversal chambers

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.19 Gusset stays

Gusset staysจะเป็นสัดส่วนกับมุม V ไม่น้อยกว่า 60° ความหนาของ Gusset stay จะหาได้ดังนี้

$$bh = \frac{2F}{f \sin V}$$

โดยที่ $e_2 \leq b \leq 1.7e_2$

และ $b \geq 0.7e_1$

เมื่อ

b = ความหนาของ Gusset stay (mm)

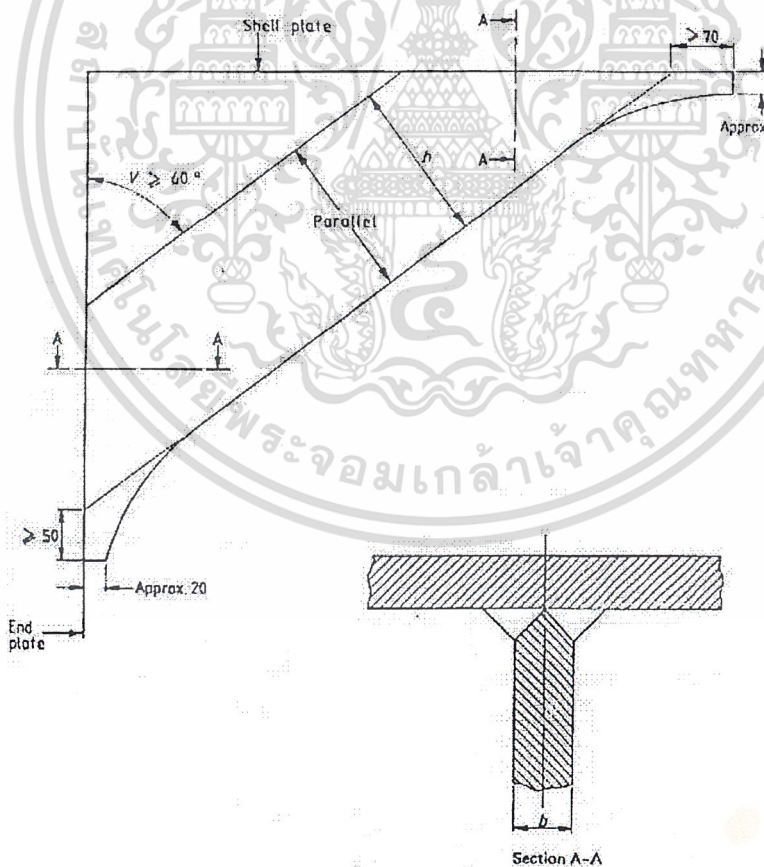
e_1 = ความหนาของ End plate (mm)

e_2 = ความหนาของเปลือกหม้อไอน้ำ (mm)

f = design stress (N/mm^2)

F = แรงในบริเวณที่สมมติให้เป็นจุดรองรับโดย Gusset (N)

h = ความกว้างต่ำสุดของ Gusset stay (mm)



รูปที่ 3-15 Attachment of welded gusset stays

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.20 Tubes and tube plates

ความหนาของ tubes ภายใต้อันดันภายนอก จะคำนวณ โดยใช้สูตรดังนี้

$$e = \frac{PD}{2f_1} + C$$

เมื่อ

c = corrosion allowance กำหนดเป็น 0.75 mm

D = เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกของ tube (mm)

e = ความหนาต่ำที่สุดของ tube (mm)

$f_1 = 0.8f$ ซึ่ง f คือ design stress (N/mm^2)

p = design pressure (N/mm^2)

อย่างไรก็ตามความหนาของ tubes ภายใต้อันดันภายนอกจะมีค่าไม่น้อยกว่าค่าที่แสดงในตาราง

ที่ 3-2

เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก (mm)	ความหนาน้อยสุด (mm)
ไม่เกิน 38	2.28
38 – 51	2.81
51 – 70	3.12
70 – 76.1	3.38
76.1 – 88.9	3.96
88.9 – 101.6	4.26

ตารางที่ 3-2 ความหนาน้อยสุดของท่อภายใต้อันดันภายนอก

3.21 pitch of tube

ช่องว่างของ tube holes จะมีขนาดความกว้างต่ำที่สุด ระหว่าง tube hole ไม่น้อยกว่า

$$\text{Pitch} = 0.125 D + 12.5 \text{ mm}$$

ซึ่ง D คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของ tube hole (mm)

3.22 ความหนาของ tubes ภายใต้ความดันภายใน

ความหนา tube ภายใต้ความดันภายในจะคำนวณ โดยใช้สูตรดังนี้

$$e = \frac{Pd_o}{2f + p} + C$$

เมื่อ

c = corrosion allowance กำหนดเป็น 0.75 mm

d_o = เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกของ tube (mm)

e = ความหนาต่ำสุดของ tube (mm)

f = design stress (N/mm^2)

p = design pressure (N/mm^2)

อย่างไรก็ตาม ความหนาของ tubes ภายใต้ความดันภายใน จะมีค่าไม่น้อยกว่าค่าที่แสดงในตารางที่ 3-3

เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก (mm)	ความหนาน้อยสุด (mm)
ไม่เกิน 38	1.75
38 – 51	2.16
51 – 70	2.40
70 – 76	2.60
76 – 95	3.05
95 – 102	3.28
102 – 127	3.50

ตารางที่ 3-3 ความหนาน้อยสุดของท่อภายใต้ความดันภายใน

3.23 ความหนาของ tube plate ภายใน tube nests

ความหนาน้อยที่สุดของ tube plate ใด ๆ ซึ่ง tubes ถูกขยายจะเป็น 12.5 mm ถ้าเส้นผ่านศูนย์กลางของ tube hole ไม่เกิน 50 mm หรือ 14 mm ถ้าเส้นผ่านศูนย์กลางของ tube hole มากกว่า 50 mm

ถ้า tubes ติดอยู่กับ tube plates โดย deep welds ที่มีพื้นที่ไม่ถูกเชื่อม ไม่มากกว่า 3 mm ขนาดของ tube plate จะไม่น้อยกว่า 9 mm

3.24 Furnaces , furnace components, wet back reversal chambers and fireboxes of cylindrical form subject to external pressure

3.24.1 เส้นผ่านศูนย์กลางมากที่สุดของ Furnace

เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของ Furnace จะไม่เกิน 1800 mm

เครื่องหมาย

b = พิกทของ furnace corrugations (mm)

c = corrosion allowance กำหนดเป็น 0.75 mm

d = เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของ furnace (mm)

d_{ma} = เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยมากที่สุดของ furnace (mm)

d_{min} = เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยน้อยสุดของเตา (mm)

e = ความหนาของ furnace (mm)

E = ค่า Young's modulus of elasticity ที่ design temperature (N/mm^2)

E_t = ความเค้นที่จุดครากหรือความเค้นพิสจันที่อุณหภูมิออกแบบ (N/mm^2)

F = พื้นที่ภาคตัดขวางของส่วนตามยาวผนัง corrugated furnace ที่ความยาว b และความหนา

$(e-c)$ (mm^2) (ดูรูปที่ 3-16)

I = second moment of area (ดูรูปที่ 3-16)

i_s = second moment of area ของ plain stiffener

L = ระยะทางระหว่างศูนย์กลางของจุด 2 จุดของ support (mm)

P = design pressure (N/mm^2)

s_1 = ค่าความปลอดภัย

= 2.5 สำหรับ furnace ในหม้อน้ำ classes I และ II

= 3.5 สำหรับ furnace ในหม้อน้ำ class III

= 2.0 สำหรับ tubes ไม่ถูกเปลวไฟ

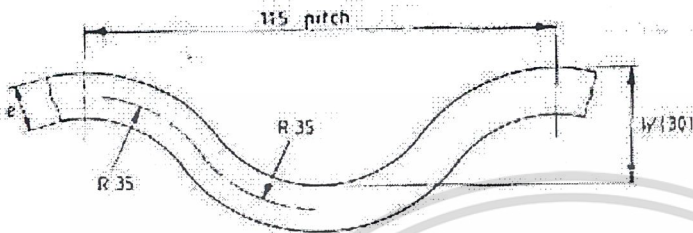
s_2 = ค่าความปลอดภัย

= 3.0 สำหรับ หม้อน้ำ classes I และ II

= 3.9 สำหรับ หม้อน้ำ class III

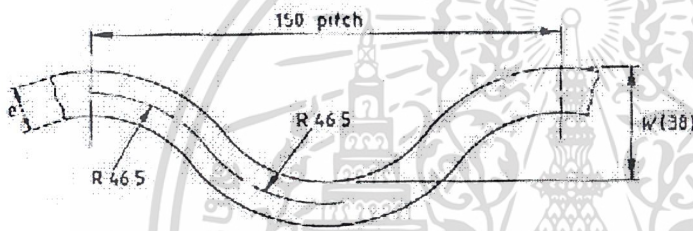
u = กำหนดเป็น 1.5 สำหรับ plain furnaces และเป็น 1.0 สำหรับ corrugated furnaces

w = ความลึกของลูกฟูก (mm)



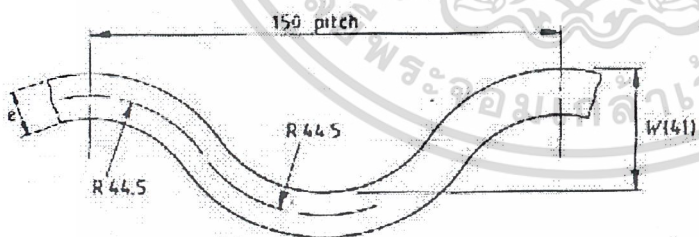
$e - C$	I	F
	$\text{mm}^4 \times 10^4$	$\text{mm}^2 \times 10^2$
8.25	13.9	11.1
9.25	15.8	12.5
10.25	17.8	13.8
11.25	19.9	15.2
12.25	22.1	16.5
13.25	24.4	17.9

(a) Fox type furnaces (115 mm corrugation and 30 mm depth)



$e - C$	I	F
	$\text{mm}^4 \times 10^4$	$\text{mm}^2 \times 10^2$
9.25	31.9	16.1
10.25	35.7	17.9
11.25	39.6	19.6
12.25	43.6	21.4
13.25	47.8	23.1
14.25	52.1	24.9
15.25	56.6	26.6
16.25	61.2	28.4
17.25	66.0	30.1
18.25	71.0	31.8
19.25	76.2	33.6
20.25	81.6	35.3
21.25	87.3	37.1

(b) Fox type furnaces (150 mm corrugation and 38 mm depth)

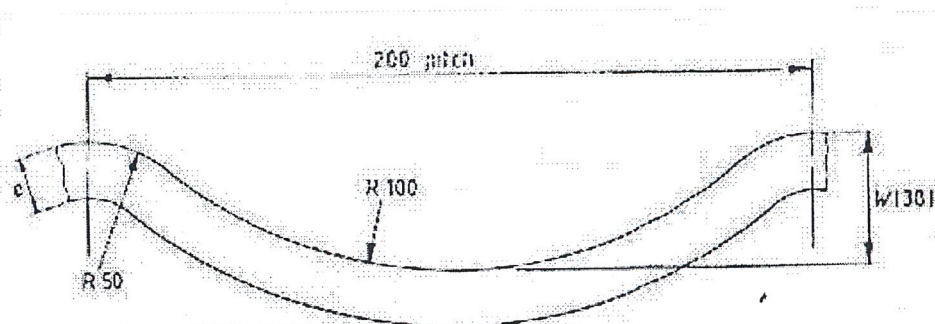


$e - C$	I	F
	$\text{mm}^4 \times 10^4$	$\text{mm}^2 \times 10^2$
9.25	37.7	16.5
10.25	42.2	18.3
11.25	46.8	20.1
12.25	51.5	21.9
13.25	56.3	23.6
14.25	61.3	25.4
15.25	66.4	27.2
16.25	71.8	29.0
17.25	77.3	30.8
18.25	83.0	32.6
19.25	88.9	34.4
20.25	95.0	36.1
21.25	101.4	37.9

(c) Fox type furnaces (150 mm corrugation and 41 mm depth)

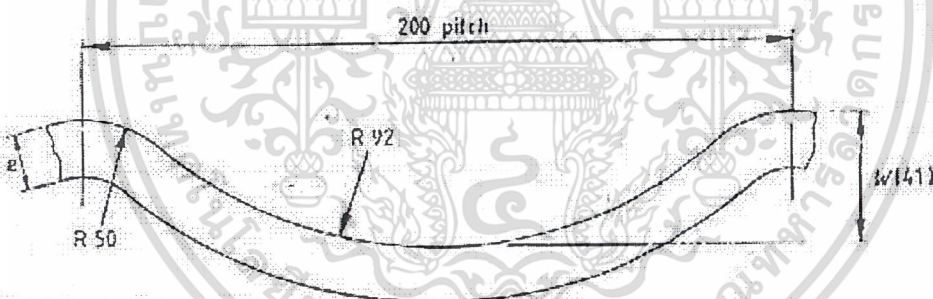
รูปที่ 3-16 Second moments of area I and cross-section area F

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



$e - C$	I	F
	$\text{mm}^4 \times 10^4$	$\text{mm}^2 \times 10^3$
9.25	36.6	20.2
10.25	43.2	22.4
11.25	47.8	24.6
12.25	52.6	26.8
13.25	57.5	29.0
14.25	62.6	31.2
15.25	67.8	33.4
16.25	73.2	35.6
17.25	78.8	37.8
18.25	84.6	40.0
19.25	90.6	42.1
20.25	96.8	44.3
21.25	103.3	46.5

(d) Morrison type furnaces (200 mm corrugation and 38 mm depth)

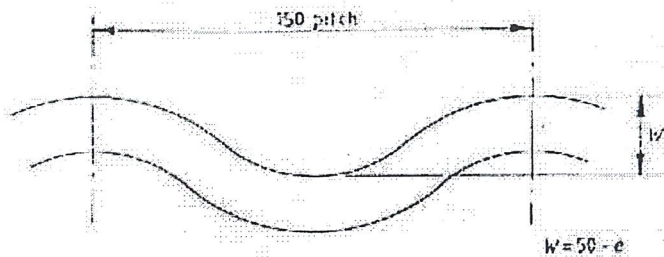


$e - C$	I	F
	$\text{mm}^4 \times 10^4$	$\text{mm}^2 \times 10^3$
9.25	45.6	20.5
10.25	50.9	22.7
11.25	56.3	25.0
12.25	61.8	27.2
13.25	67.5	29.4
14.25	73.3	31.6
15.25	79.3	33.8
16.25	85.5	36.1
17.25	91.8	38.3
18.25	98.4	40.5
19.25	105.2	42.7
20.25	112.2	44.9
21.25	119.5	47.2

(e) Morrison type furnaces (200 mm corrugation and 41 mm depth)

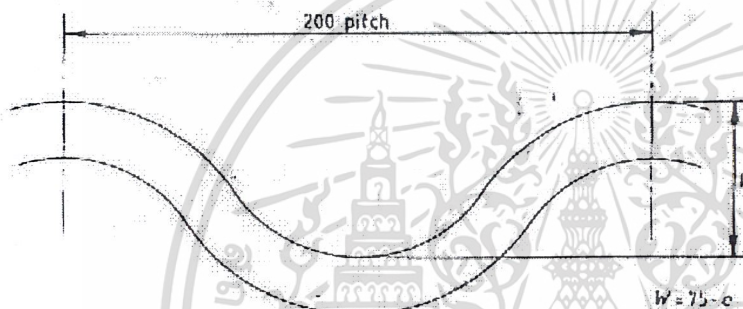
รูปที่ 3-16 (Continued)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(f) Fox type furnaces (150 mm corrugation and 50 mm total depth)

e - c	I	F
	mm ⁴ × 10 ⁴	mm ² × 10 ²
9.25	35.0	16.4
10.25	37.7	18.0
11.25	39.6	19.6
12.25	41.2	21.2
13.25	42.7	22.8
14.25	44.1	24.4
15.25	45.3	25.9
16.25	46.4	27.4
17.25	47.4	28.9
18.25	48.3	30.4
19.25	49.2	31.9
20.25	50.1	33.3
21.25	51.0	34.8



(g) Fox type furnaces (200 mm corrugation and 75 mm total depth)

e - c	I	F
	mm ⁴ × 10 ⁴	mm ² × 10 ²
9.25	129.4	23.3
10.25	138.9	25.7
11.25	147.7	28.0
12.25	155.9	30.4
13.25	163.5	32.6
14.25	170.5	34.9
15.25	177.0	37.1
16.25	183.0	39.4
17.25	188.5	41.5
18.25	193.6	43.7
19.25	198.4	45.8
20.25	202.8	48.0
21.25	206.9	50.0

รูปที่ 3-16 (Concluded)

3.24.2 plain furnaces

design pressure ของ plain furnace จะเป็นค่าที่ต่ำกว่าค่าที่ได้รับจากสมการ (1) และ (2) แต่ความหนาจะไม่น้อยกว่า 7 mm และไม่เกิน 22 mm

$$p = \frac{2E_t(e - c)}{S_1 d} \left\{ 1 + \frac{d}{15L} \frac{1}{1 + \frac{0.03du}{(e - c)(1 + d/0.3L)}} \right\} \tag{1}$$

$$P = \frac{1.73E(e - c)2.5}{S_2 L d^{1.5}} \tag{2}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมการ (1) และ (2) อาจจะแสดงในเทอมของความหนาจากสมการ (3) และ (4) ตามลำดับ ความหนาที่มากกว่าที่ได้มาจะถูกใช้

$$e = \frac{B}{2} \left[1 + \left\{ 1 + \frac{0.12du}{B(1 + \frac{d}{0.3L})} \right\}^{1/2} \right] + c \quad (3)$$

$$B = \frac{Pds_1}{2E_t(1 + d/15L)}$$

$$e = d^{0.6} (LS_2 P/1.73E)^{0.4} + C \quad (4)$$

3.24.3 ส่วนประกอบของ Furnace

ความหนาของส่วนประกอบของ Furnace เช่น ash drop-out tubes และ fuel inlet connections จะคำนวณได้ตามสมการข้างบนด้วยความหนาน้อยที่สุด 10 mm และมากที่สุด 22 mm

3.24.4 Corrugated furnace

Design pressure ของ corrugated furnace สามารถหาได้โดยการใช้สมการ ดังนี้ แต่ความหนาจะไม่น้อยกว่า 10 mm และไม่เกิน 22 mm

$$P = \frac{2FE_t(1 + 0.1d/L)}{S_1 bd \left[1 + \frac{FWdu}{800K \left\{ 1 + \frac{5d}{L} \left(\frac{e-c}{WO} \right)^3 \right\}} \right]}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การออกแบบและการตรวจสอบ

4.1 การออกแบบเพื่อให้ประหยัดพลังงานความร้อน

1. ห้องเผาไหม้ ควรทำห้องเผาไหม้ให้สามารถนำความร้อนมาใช้ประโยชน์ และมีขนาดเหมาะสมกับชนิดของเชื้อเพลิงที่ใช้
2. พื้นที่การถ่ายเทความร้อน ต้องมีมากที่สุดเท่าที่จะทำได้ แต่ต้องคำนึงถึงความปลอดภัยด้วย
3. การจัดทิศทางของเปลวไฟ จะทำให้การถ่ายเทความร้อนได้มากขึ้น
4. วัสดุที่ใช้ สามารถถ่ายเทความร้อนได้ดีและแข็งแรง ไม่ควร หนาเกินไป เพราะจะทำให้ถ่ายเทความร้อนได้ยาก
5. การหุ้มฉนวน ควรหุ้มฉนวนทุกส่วน เช่น เปลือก ฝาหน้า และฝาหลัง เพื่อลดการสูญเสียความร้อน
6. การเลือกใช้วัสดุต้องคำนึงถึงความปลอดภัยทางด้านต้นทุนการผลิตด้วย

4.2 เชื้อเพลิงที่ใช้

แบ่งได้เป็น 3 ชนิดใหญ่ คือ

1. เชื้อเพลิงแข็ง เช่น แกลบ ขานอ้อย ชังข้าว โปด จี้เลื่อย ฟืน และกากของผลปาล์ม เชื้อเพลิงเหล่านี้ส่วนใหญ่ค่าความร้อนต่ำ แต่มีประโยชน์ทั้งค่าความร้อนและยังเป็นการกำจัดกากที่เหลือจากขบวนการผลิตด้วย
2. เชื้อเพลิงเหลว เช่น น้ำมันดีเซล และน้ำมันเตา
3. เชื้อเพลิงก๊าซ เช่น มีเทน (CH_4) อีเทน (C_2H_6) และก๊าซแอล.พี.จี.

4.3 การออกแบบเตาหรือห้องเผาไหม้

ห้องเผาไหม้อาจจะอยู่ภายในหรือภายนอกหม้อไอน้ำก็ได้ ขึ้นกับการออกแบบ ซึ่งอาจจะต้องพิจารณาถึง ชนิดของเชื้อเพลิงที่ใช้ด้วย หม้อไอน้ำที่ออกแบบนี้จะเป็นทั้งชนิดห้องเผาไหม้ภายในและภายนอก โดยห้องเผาไหม้ภายในจะเป็นท่อไฟใหญ่ และห้องเผาไหม้ภายนอกจะเป็นเตา เชื้อเพลิงที่ใช้มีทั้งเชื้อเพลิงแข็ง และเชื้อเพลิงเหลว เพื่อให้เป็นการออกแบบที่ประหยัดพลังงานแล้ว เตาที่ออกแบบจะใช้เป็นชนิดท่อน้ำ (Water tube)

4.4 ตัวอย่างการออกแบบ

ข้อมูลจำเพาะที่ใช้

- ความดันที่ใช้ในการออกแบบ 7.7 bar
- จำนวน 3 กลีบ
- ปริมาณไอน้ำที่ต้องการ 1 ตัน/ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ใช้น้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิง
- ใช้เหล็กเบอร์ SB46
- ความเค้นแรงดึง 500.31 N/mm²
- ชนิดหลังเป็ยก

4.5 การคำนวณหาพื้นที่ถ่ายเทความร้อน

1 แรงแม่ห้อน้ำ จะมีค่าเท่ากับ 34.5 lb./hr

$$\text{จาก } 1 \text{ kg} = 2.204 \text{ lb.}$$

$$1000 \text{ kg/hr} = 2204 \text{ lb/hr}$$

$$1 \text{ แรงแม่} = 5 \text{ ft}^2$$

$$\text{แรงแม่ที่ต้องใช้} = 63.884 \text{ hp}$$

$$\text{พื้นที่รับความร้อน} = 319.4202 \text{ ft}^2$$

$$\text{หรือ} = 29.67 \text{ m}^2$$

$$\text{กำหนดขนาดท่อไฟใหญ่ (D)} = 500 \text{ mm}$$

พื้นที่ ท่อไฟใหญ่ (A)

$$\frac{\pi}{4} D^2 = \frac{\pi}{4} 0.5^2 \text{ m}^2$$

$$A = 0.19635 \text{ m}^2$$

$$\text{พื้นที่ท่อไฟใหญ่ / พื้นที่ ของ Pass 2} = 3.2$$

$$\text{พื้นที่ Pass 2} = \frac{0.19635}{3.2} = 0.06136 \text{ m}^2$$

$$0.06136 \text{ m}^2 = \frac{\pi}{4} d^2 n$$

$$d \text{ ขนาดที่เลือกใช้ของท่อไฟเล็ก} = 40 \text{ mm}$$

n จำนวนท่อ pass 2

$$0.06136 \text{ m}^2 = \frac{\pi}{4} 0.04^2 n$$

$$n = 48.8 \text{ ท่อ}$$

ให้ Pass 2 = 50 ท่อ

$$\text{และ พื้นที่ ของ Pass 2 / พื้นที่ Pass 3} = 1.2$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\begin{aligned}
 \text{พื้นที่ Pass 3} &= \frac{0.006136}{1.2} \\
 \text{พื้นที่ Pass 3} &= 0.0511 \text{ m}^2 \\
 \text{จำนวนท่อ Pass 3} &= \frac{0.0511 \times 4}{\pi \times 0.04^2} \\
 &= 40.69 \text{ ท่อ} \\
 \text{ให้ Pass3} &= 42 \text{ ท่อ}
 \end{aligned}$$

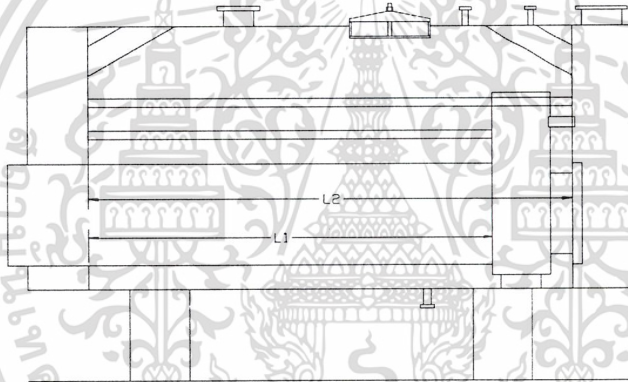
4.6 หาคความยาวของหม้อน้ำ,ความยาวของท่อไฟใหญ่,ความยาวของ pass1 และ pass2

พื้นที่ ถ่ายเทความร้อนทั้งหมด = พื้นที่ท่อ ไฟใหญ่ + พื้นที่ท่อ ไฟเล็ก pass1, pass2 + พื้นที่ผิวของ

Reversal chamber

$$30 = \pi (0.5)(L_1) + \pi(0.04)(52)L_1 + \pi(0.04)(42)(L_1 + 0.3 + 0.1) + \pi(0.9)(0.3)$$

$$L_1 = 2 \text{ m}$$



รูปที่ 4-1 แสดง ความยาวของหม้อไอน้ำ

$$L_1 \text{ tube2} = 2 \text{ m}$$

$$L_2 \text{ tube3} = 2.4 \text{ m}$$

เมื่อ design pressure $> 0.725 \text{ N/mm}^2$

และ ขนาดของหม้อไอน้ำ D = 1.3 m

E_t ค่า Yeild stress = 163 N/mm^2

4.7 Design pressure

ความดันออกแบบ $P = 0.77 \text{ N/mm}^2$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.8 Design temperature

เลือกใช้

$$t = t_s + 2e$$

$$t = t_s + 25 \text{ หรือ มากกว่า}$$

$$t = t_s + 30$$

$$t = 168.83 \text{ } ^\circ\text{C (Saturated temperature)}$$

$$t = 168.83 + 30$$

$$t = 198.834 \text{ } ^\circ\text{C}$$

4.9 Design stress

ให้เลือกเอาค่าที่น้อยที่สุด

$$f = \frac{E_t}{1.5} \text{ and } \frac{R_m}{2.4}$$

$$\frac{E_t}{1.5} = \frac{163}{1.5}$$

$$= 108.6 \text{ N/mm}^2$$

$$\frac{R_m}{2.4} = \frac{500.31}{2.4}$$

$$= 208.46 \text{ N/mm}^2$$

$$f = 108.46 \text{ N/mm}^2$$

4.10 หาขนาดความหนาของเปลือกหม้อไอน้ำ

$$e = \frac{PR_i}{fZ - 0.5P} + C$$

$$e = \frac{0.77 \times 650}{108.9 - 0.5 \times 0.77} + 0.75$$

$$e = 5.36 \text{ mm}$$

เลือกความหนา

$$e = 15 \text{ mm}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.11 ส่วนประกอบของท่อไฟใหญ่ และหม้อไอน้ำหลังเป็ยก

4.11.1 หาความหนาของท่อไฟใหญ่

$$e = \frac{B}{2} \left[1 + \left(1 + \frac{0.12du}{B \left(1 + \frac{d}{0.3L} \right)} \right)^{\frac{1}{2}} \right] + C$$

$$B = \frac{Pds_1}{2E_t \left(1 + \frac{d}{15L} \right)}$$

$$e = \frac{2.427}{2} \left[1 + \left(1 + \frac{0.12 \times 1.2 \times 500}{2.427 \left(1 + \frac{500}{0.3 \times 2000} \right)} \right)^{\frac{1}{2}} \right] + 0.75$$

$$e = 6.99 \text{ mm}$$

ใช้ความหนา = 12 mm

4.11.2 การหาความดันใน ท่อไฟใหญ่

$$P = \frac{2E_t(e - C)}{S_1 d} \left[\frac{1 + \frac{d}{15L}}{1 + \frac{0.03du}{(e - c) \left(1 + \frac{d}{0.3L} \right)}} \right]$$

$$P = \frac{2(163)(12 - 0.75)}{(2.5)(500)} \left[\frac{1 + \frac{500}{(15)(2000)}}{1 + \frac{(0.03)(500)(1.5)}{(12 - 0.75) \left(1 + \frac{500}{0.3(2000)} \right)}} \right]$$

$$P = 1.4266 \text{ N/mm}^2$$

และ

$$P = \frac{1.73E(e - C)^{2.5}}{S_2 LD^{1.5}} \text{ N/mm}^2$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$P = \frac{1.73(195 \times 10^3)(12 - 0.75)^{2.5}}{(3)(2000)(500)^{1.5}}$$

$$P = 2.1347$$

ความดันที่น้อยที่สุด

$$P = 1.4266 \text{ N/mm}^2$$

1.4266 > design pressure (0.77 N/mm²)

และ

$$e = d^{0.6} \left[\frac{Ls_2 P}{1.73E} \right]^{0.4} + C$$

$$e = 500^{0.6} \left[\frac{2000 \times 3 \times 0.77}{1.73 \times 195 \times 10^3} \right]^{0.4} + 0.75$$

$$e = 8.23 \text{ mm}$$

ดังนั้นเลือกความหนาของท่อไฟใหญ่ 12 mm

4.12 หาคความหนาของท่อไฟเล็ก

$$e = \frac{PD}{2f_1} + C$$

$$e = \frac{0.77 \times 40}{2 \times 0.8 \times 108.64} + 0.75$$

$$e = 0.927$$

4.13 ระยะ Pitch

$$\text{Pitch} = 0.125D + 12.5$$

$$= 0.125(40) + 12.5$$

$$= 17.5 \text{ mm}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5 การเขียนโปรแกรม

โปรแกรม Visual Basic เป็นภาษาคอมพิวเตอร์ (Programming Language) ที่พัฒนาโดยบริษัท ไมโครซอฟท์ ซึ่งเป็นบริษัทที่ได้สร้างระบบการปฏิบัติการ windows 95/98 และ Windows NT ที่เราใช้กันอยู่ทุกวันนี้

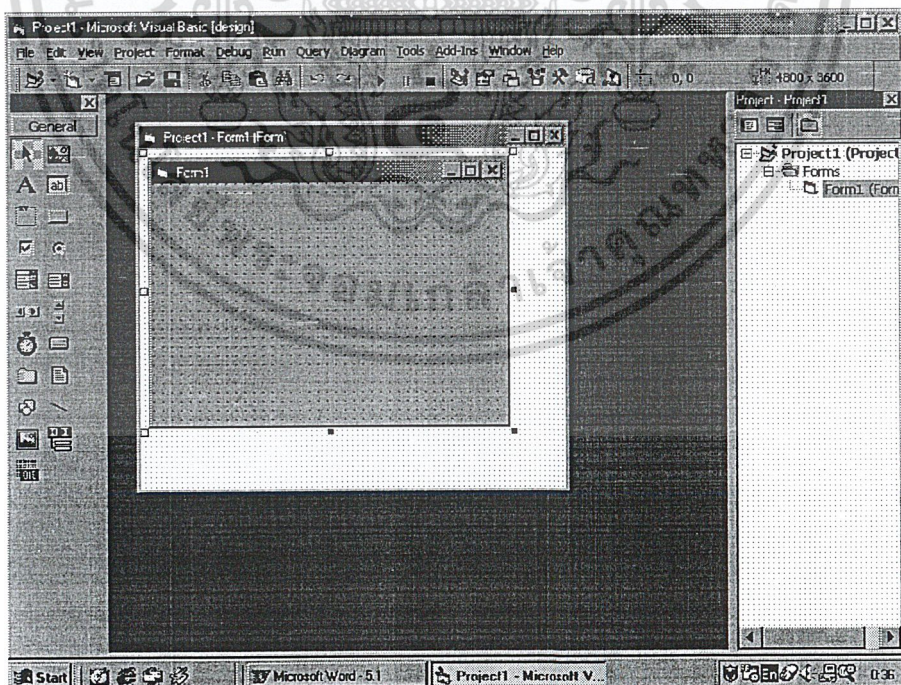
สาเหตุที่ Visual Basic เป็นภาษาที่เหมาะสมสำหรับการออกแบบในการเขียน โปรแกรมนี้เนื่องจาก

1. ง่ายต่อการเรียนรู้
2. ภาษา Basic เป็นภาษาที่คนเรียนรู้มาก
3. มีความรวดเร็วในการประมวลผลและในเรื่องความสามารถในระบบฐานข้อมูล
4. มีการเชื่อมโยงระหว่างโปรแกรมอื่นได้ง่าย
5. สามารถใช้งานบน Windows95/98 ได้

5.1 ส่วนประกอบของโปรแกรม visual Basic ที่ใช้ในการทำงาน

5.1.2 เมนู(Menu Bar)

จะเป็นแถบของเมนูหลังที่บรรจุคำสั่งย่อยหลายคำสั่งที่ใช้ในการทำงานไว้ สามารถที่จะเรียกใช้งานเมนูได้โดยการคลิกเมาส์ที่ชื่อของเมนูที่ต้องการ



รูปที่ 5-1 แสดงส่วนประกอบของ Visual Basic

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.2 ทูลบาร์(Toolbar)

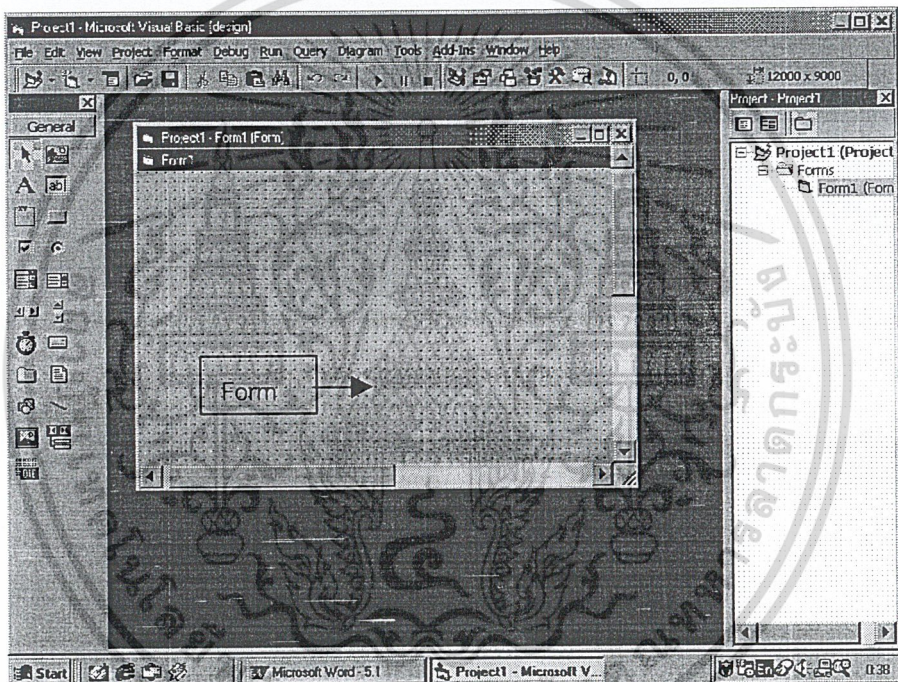
Toolbar จะอยู่ด้านบนของภาพ จะเห็นเป็นแผงควบคุม ช่วยให้สามารถเรียกใช้งานคำสั่งได้ อย่างสะดวกรวดเร็ว

5.1.3 Tool Box

เป็นกล่องเครื่องมือที่รวบรวมปุ่มเครื่องมือต่าง ๆ ที่ใช้ในการสร้างหรือ ควบคุมการออกแบบ โปรแกรมที่ต้องการ

5.1.3 วินโดว์ Form

เป็นวินโดว์เปล่าๆ หรือตัวฟอร์มเปล่าสำหรับสร้างองค์ประกอบของแอปพลิเคชันโดยการนำ Object ต่าง ๆ มาใส่ในฟอร์ม หรือหน้าจอของโปรแกรมที่ผู้ใช้จะเห็นเมื่อเรียกใช้โปรแกรมนั้นมาใส่ ในฟอร์มตามรูปที่ 5-2



รูปที่ 5-2 แสดงฟอร์มที่อยู่ในโปรแกรม

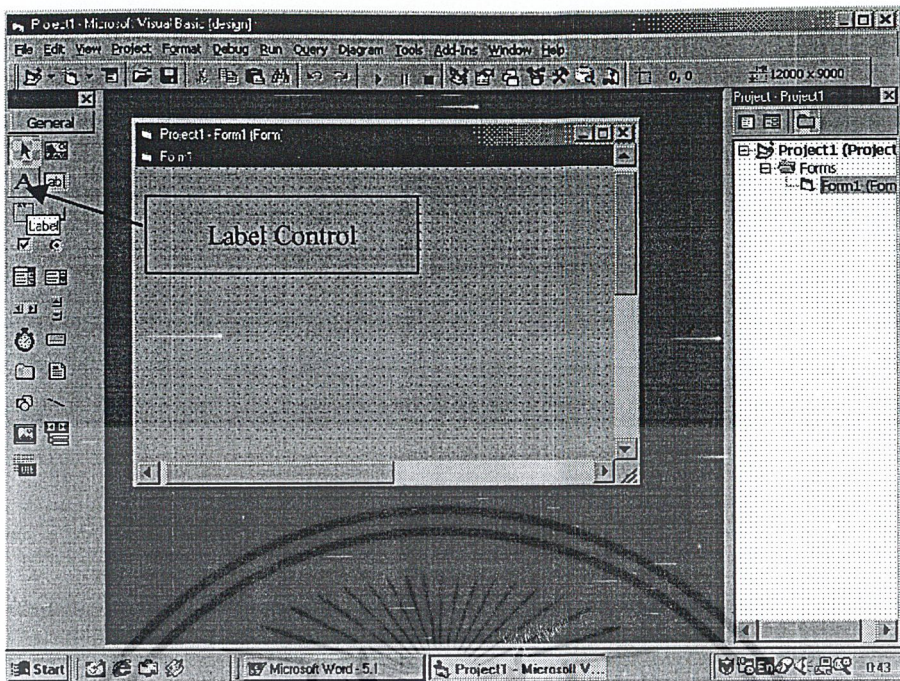
การเพิ่ม Object ต่าง ๆ เข้าในฟอร์ม

ในส่วนนี้จะกล่าวถึงการเพิ่ม Object ต่าง ๆ ลงไปในแบบฟอร์มที่เราสร้างขึ้นมา ในการที่จะเพิ่ม Object ต่าง ๆ ทำได้โดยอาศัยเครื่องมือต่าง ๆ ใน Tool Box จะสามารถเพิ่มได้ตามขั้นตอนต่อไปนี้

5.1.4 Label Control

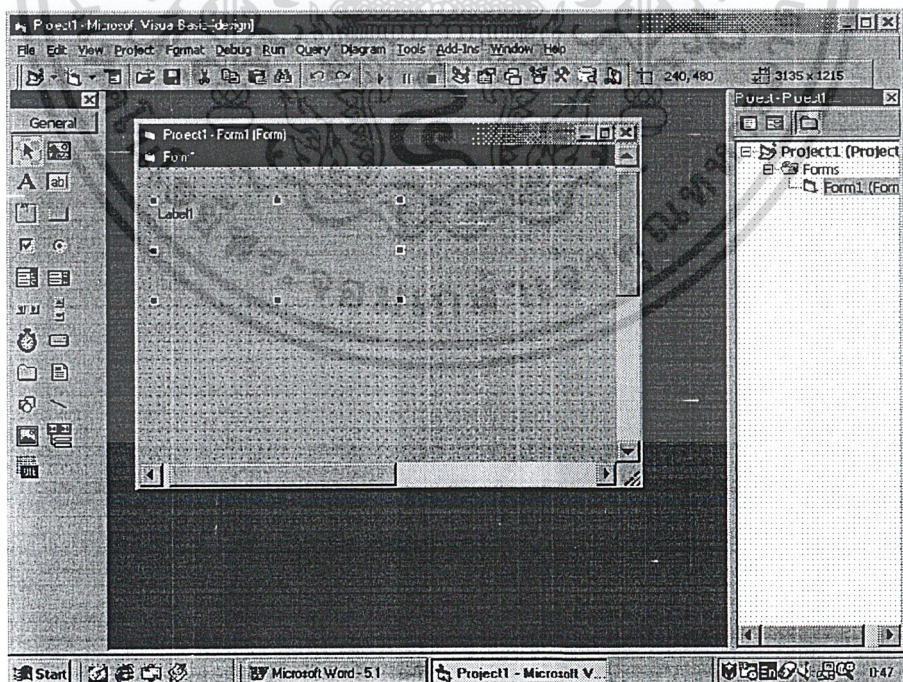
Label Control เป็น Object ที่ใช้ในการกำหนดชื่อข้อความหรือคำอธิบายต่าง ๆ ที่ปรากฏ บนฟอร์มตามรูปที่ 5-3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5-3 การใช้ Label Control

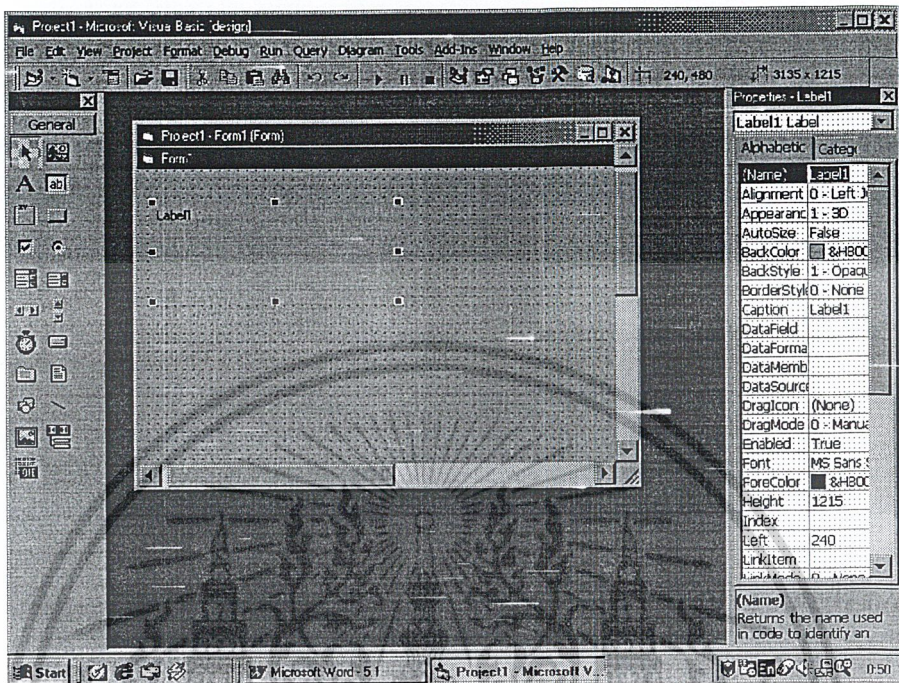
โดยคลิกที่ Tool Box ปุ่ม A เพื่อเรียกเครื่องมือขึ้นมาใช้งานลากเมาส์ที่ Form ไปตำแหน่งที่ต้องการแล้วปล่อยเมาส์ตามรูปที่ 5-3 และรูปที่ 5-4



รูปที่ 5-4 การสร้าง Label

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ Properties-Label1 จะเป็นการกำหนดคุณสมบัติต่างๆ ของ Label เช่น ชนิดตัวอักษรหรือขนาด
 สีของตัวอักษรของ Label ตัวอักษรต้องการให้ปรากฏอยู่ใน Label และอีกมากมายที่ต้องการกำหนด



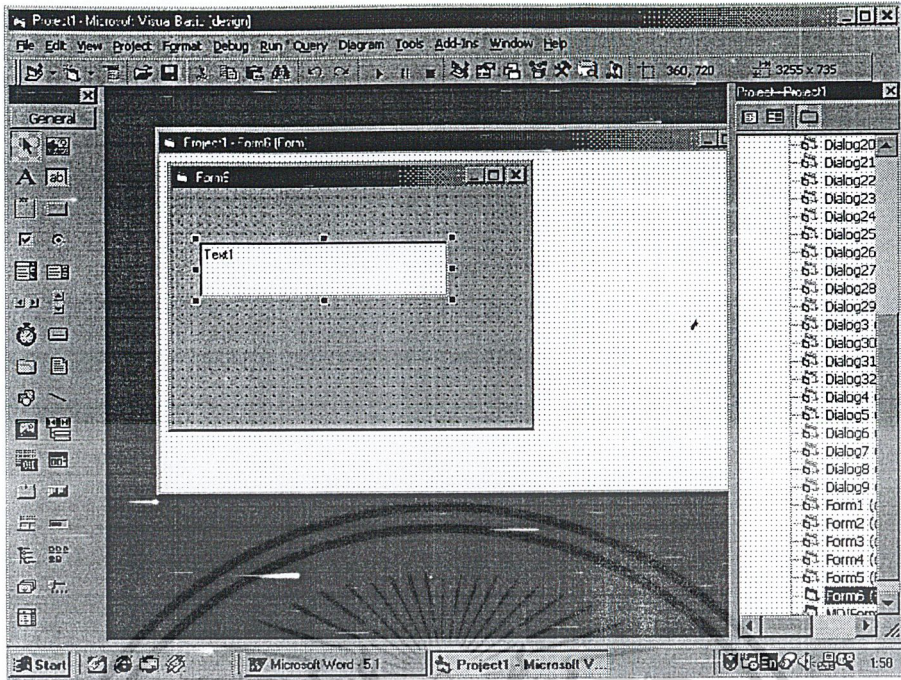
รูปที่ 5-5 แสดงการกำหนดคุณสมบัติ Label

5.1.4 Text Box Control

เป็น Control ที่ใช้สำหรับรับข้อความ ซึ่งมีข้อความที่รับนี้อาจยาวเกินกว่าจะแสดงในกรอบหนึ่ง
 หรือ Box ให้เห็นทั้งหมดก็ได้ โดยปกติใช้หรือเพอร์ติเหมือนกับ Control ทั่ว ๆ ไปตามที่ได้กล่าวแล้ว แต่ที่
 Text เป็นข้อความที่เก็บอยู่ในกรอบ เมื่อเอาข้อความไปใช้ก็จะอ้างถึง Text ถ้ามีอยู่หลายฟอร์มหรือต้องการ
 ที่จะเรียก Text Box ที่อยู่ฟอร์มอื่นควรจะอ้างถึงฟอร์มนั้นแล้วชื่อของ Text Box นั้นด้วย ซึ่งเป็นส่วนที่รับ
 ค่าจากผู้ใช้อาจจะเป็นตัวเลขหรือไม่ก็ได้แล้วแต่งานที่เขียนออกแบบโปรแกรม เช่นในโปรแกรมนี้ได้รับ
 ค่าจากผู้ใช้โดยใส่ค่าใน Text Box เพื่อป้องกันความสับสนควรจะกำหนดหรือเพอร์ติของ Text Box

เมื่อกำหนดหรือเพอร์ติแล้วเมื่อเขียนโค้ดคำสั่งต้องระวังในเรื่องของตัวแปร ก็จะต้องกำหนดตัว
 แปรก่อนว่าจะรับค่าจากผู้ใช้เป็นตัวแปรชนิดไหน

Text Box Control คือเครื่องมือที่ใช้สำหรับการสร้าง Text Box เมื่อกดคลิกเมาส์ที่ Text Box จากนั้น
 ลากเมาส์ที่ ฟอร์มแล้วปล่อยตามรูปที่ 5-6

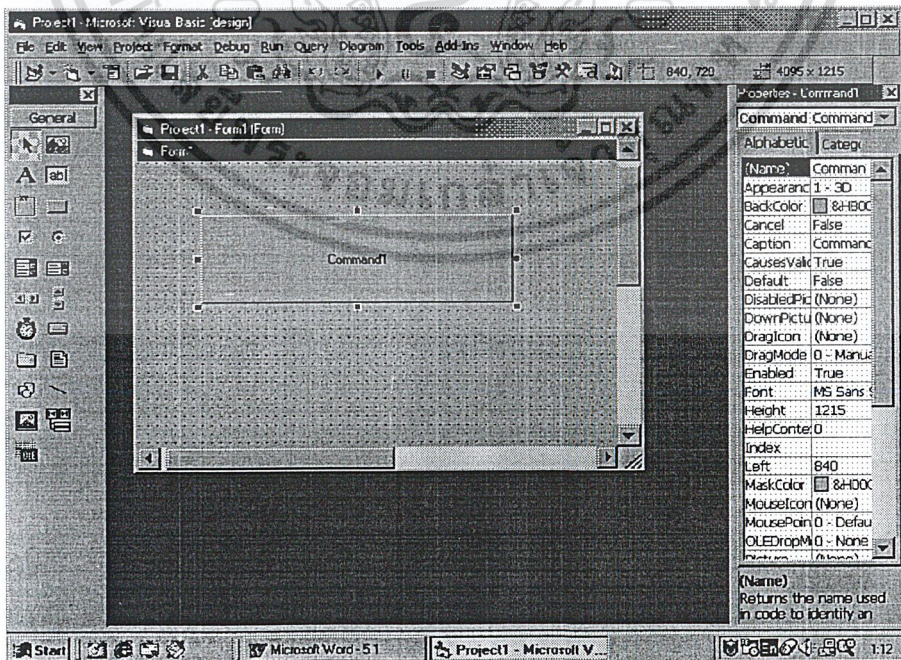


รูปที่ 5-6 การใช้ Text Box

5.1.5 Command Button

Command Button จะเป็นปุ่มที่อยู่ใน Tool Box มีไว้เพื่อกำหนดปุ่มต่างๆ ขึ้นมาและเมื่อเวลาที่เรากดคลิกที่ปุ่มจะสร้างปรากฏการใดปรากฏการหนึ่งได้โดยการเขียนคำสั่งลงไป

การสร้างปุ่ม Command Button ทำได้โดยการคลิกเมาส์ที่ปุ่ม Command Button ตามรูปที่ 5-7



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับรูปที่ 5-7 ตัวอย่างการสร้างปุ่ม Command Button ที่นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

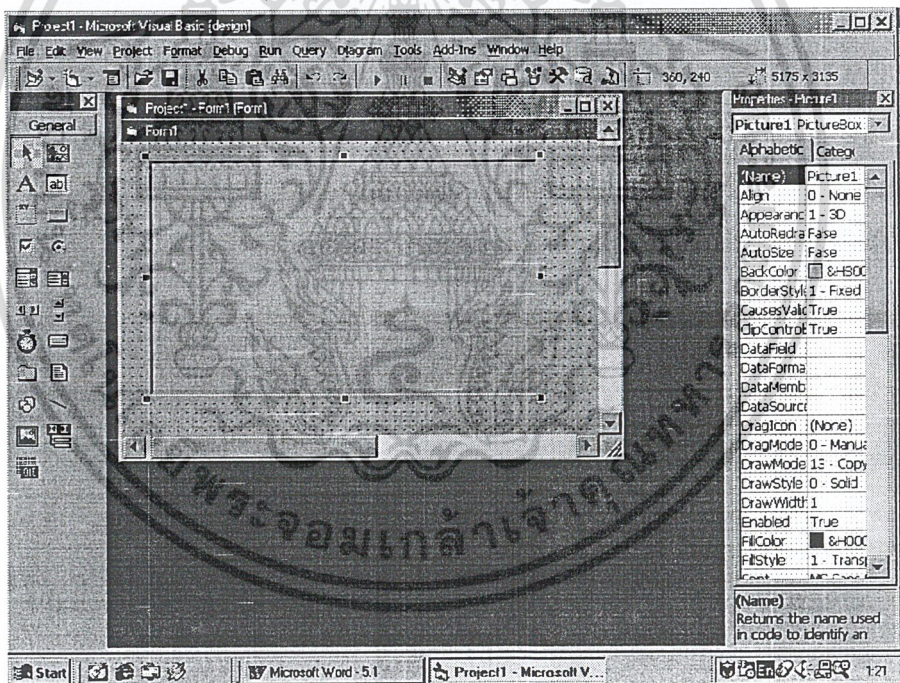
ที่ Properties-Command1 สามารถที่จะกำหนดคุณสมบัติของปุ่มที่เราสร้างขึ้นมาได้ ในการเขียนโปรแกรมที่ดีควรจะต้องตั้งชื่อของปุ่มเพื่อสะดวกในการเขียนโปรแกรมและง่ายต่อการแก้ไขได้

5.1.6 Picture Box

สำหรับปุ่ม Picture Box จะเป็นปุ่มเครื่องมือที่อยู่ใน Tool Box มีไว้เพื่อสร้างกรอบเพื่อนำรูปที่ต้องการแสดงผลมาอยู่ในกรอบของ Picture ตามรูปที่ 5-8 การที่จะนำรูปมาใส่ใน Picture Box มาใส่ได้โดยกำหนดใน Properties-Pictue1 เลือก Picture แล้วเลือกรูปมาใส่ได้เลขหรือ Copy จากโปรแกรมอื่นมาก็ได้

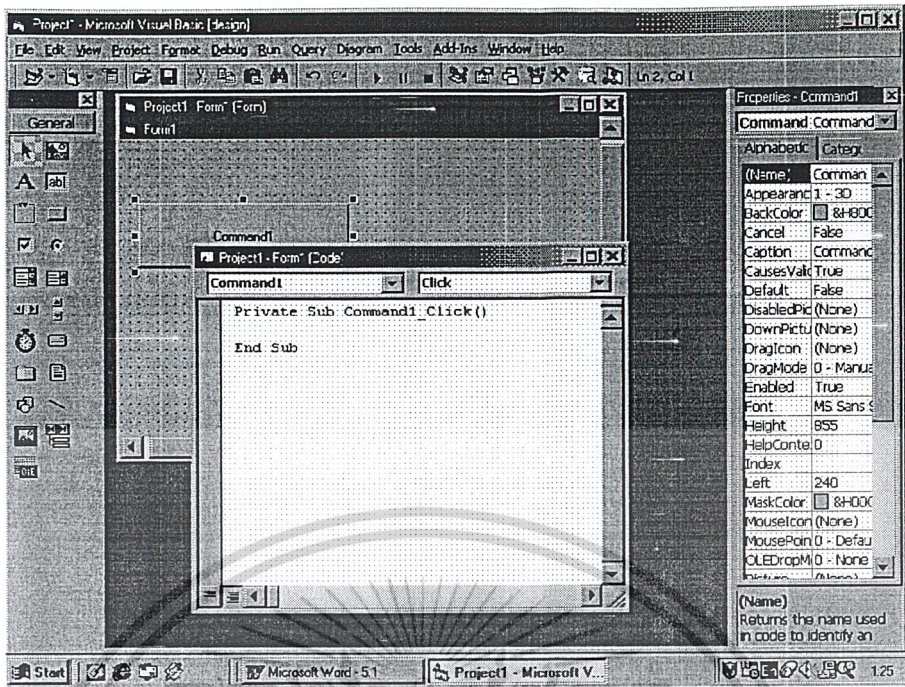
5.2 การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงาน

เมื่อได้กำหนด Object ต่าง ๆ ลงในฟอร์มเรียบร้อยแล้ว ต่อไปก็เขียนคำสั่งลงไปในแต่ละ Object ได้โดยการดับเบิลคลิกที่ Object เช่นถ้าต้องการเขียนคำสั่งใน Command Button ก็ดับเบิลคลิกเข้าไปดังรูปที่ 5-9



รูปที่ 5-8 ตัวอย่างการใช้ Picture

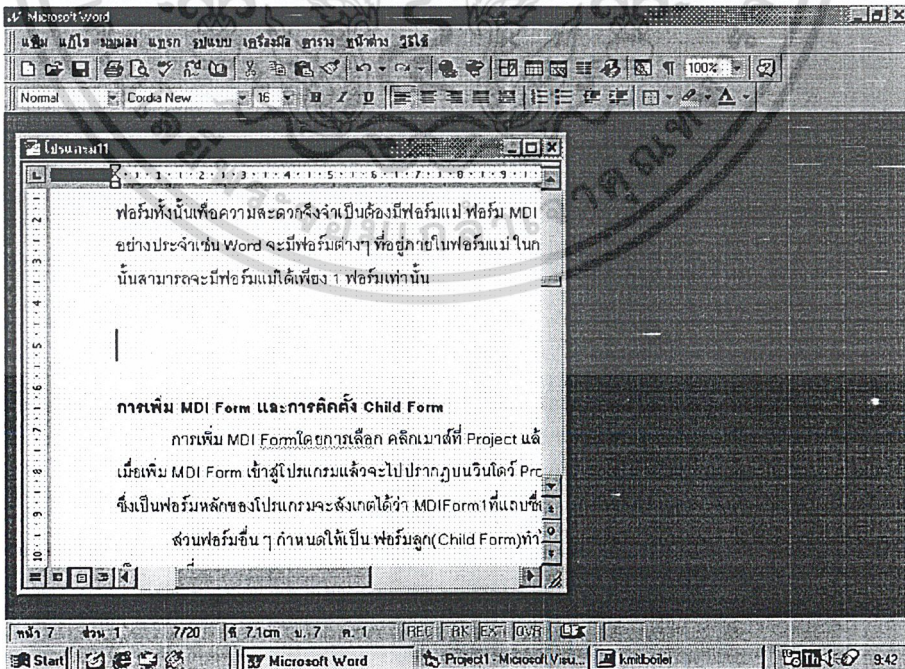
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5-9 หน้าต่างการเขียนโค้ดคำสั่งของโปรแกรม

5.3 การสร้างโปรแกรมที่มีหลายฟอร์มและ MDI

ในการเขียนโปรแกรมซึ่งมีหลายฟอร์มซึ่งส่วนมากแล้วการเขียนโปรแกรมจะมีมากกว่า 1 ฟอร์ม ทั้งนี้เพื่อความสะดวกจึงจำเป็นต้องมีฟอร์มแม่ ฟอร์ม MDI เช่น Word ตามรูปที่ 5-10



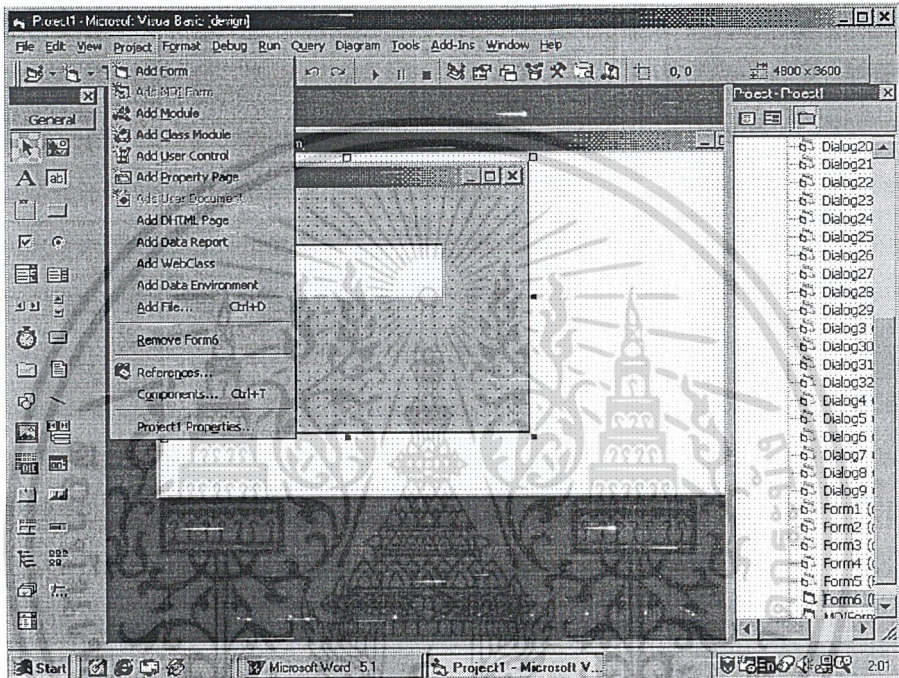
รูปที่ 5-10 แสดงตัวอย่างฟอร์ม MDI

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3.1 การเพิ่ม MDI Form และการติดตั้ง Child Form

การเพิ่ม MDI Form โดยการเลือก คลิกเมาส์ที่ Project แล้วเลือก **Add> MDI Form** เมื่อเพิ่ม MDI Form เข้าสู่โปรแกรมแล้วจะไปปรากฏบนวินโดว์ Project Explorer โดยฟอร์ม MDI ซึ่งเป็นฟอร์มหลักของโปรแกรมจะสังเกตได้ว่า MDIForm1 ที่แถบชื่อของฟอร์ม

ส่วนฟอร์มอื่น ๆ กำหนดให้เป็น ฟอร์มลูก(Child Form)ทำได้โดยการไปเลือก MDIChild ให้เป็น True ที่ Properties-Form



รูปที่ 5-11 การเพิ่มฟอร์ม MDI เข้าไปในโปรแกรม

5.4 การเพิ่มฟอร์มเข้าสู่โปรเจ็ค

การเพิ่มฟอร์มเข้าสู่โปรเจ็คใน Visual Basic นั้นทำได้หลายวิธีด้วยกัน เช่น

- โดยการ ใช้ Toolbar
- โดยการคลิกเมาส์ขวาที่วินโดว์ Project Explorer เลือกเมนู **Add>Form**
- โดยการ ใช้เมนู **Project> Add Form**

ในการเพิ่มฟอร์มเข้าไปทุกครั้งถ้ามีฟอร์ม MDI อยู่จะต้องกำหนด Properties-Form

5.5 ตัวแปรในภาษาคอมพิวเตอร์ (Variable)

ในการเขียนโปรแกรมย่อมหนีไม่พ้นการคำนวณประมวลผลต่าง ๆ ซึ่งเป็นหน้าที่หลักของเครื่องคอมพิวเตอร์ การคำนวณแต่ละครั้งนั้นย่อมมีค่าตัวเลขหรือมีการใช้หน่วยความจำในเครื่องคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพื่อจัดเก็บค่าต่าง ๆ โดยเราจะเรียกชื่อของหน่วยเก็บข้อมูลที่ใช้แทนค่าต่าง ๆ ที่มีเปลี่ยนแปลงได้ในระหว่างการประมวลผลในเครื่องคอมพิวเตอร์ว่าเป็น ตัวแปร (Variable)

5.6 ชนิดของตัวแปรใน Visual Basic

ตัวแปรในภาษาคอมพิวเตอร์นั้นมีอยู่มากมายหลายชนิดตามลักษณะการใช้งาน โดยตัวแปรแต่ละชนิดก็จะมีช่วงการเก็บค่า หรือประเภทของค่าที่เก็บ รวมทั้งเนื้อที่ที่ใช้ในหน่วยความจำในการเก็บค่าแตกต่างกันตามตารางที่ 5-1

ชนิด	รายละเอียด	หน่วยความจำ
Byte	มีค่าตั้งแต่ 0-255	1 ไบต์
Integer	ใช้เก็บเลขจำนวนเต็ม มีค่าตั้งแต่ -32,768 ถึง 32,768	2 ไบต์
Single	ใช้เก็บตัวเลขจำนวนจริงที่มีจุดทศนิยม โดยมีค่าลบตั้งแต่ -3.402823×10^{38} ถึง $-1.401298 \times 10^{-45}$ และค่าบวกตั้งแต่ 1.401298×10^{-45} ถึง 3.402823×10^{38}	4 ไบต์
Double	ใช้เก็บเลขจำนวนจริงที่มีจุดทศนิยม โดยมีค่าลบตั้งแต่ $-1.79769313486232 \times 10^{308}$ ถึง $-4.94065645841247 \times 10^{308}$	8 ไบต์
Currency	ใช้เก็บเลขทศนิยมตำแหน่งจำกัด(Fixed Decimal Point) มีค่าตั้งแต่ -922,337,203,685,477.5808 ถึง 922,337,203,685,477.5808	8 ไบต์
Boolean	ใช้เก็บค่าทางตรรกะ (Logic) คือ True และ False	2 ไบต์
String	ใช้เก็บกลุ่มตัวอักษรหรือข้อความ (character String)	ขึ้นกับความยาวของตัวอักษร
Date	ใช้เก็บตัวแปรที่เป็นเวลา หรือ วันที่	8 ไบต์
Object	ใช้เก็บตัวแปรที่อ้างถึงออบเจกต์ใด ๆ	4 ไบต์
Variant	เป็นตัวแปรพิเศษของ Visual Basic สามารถใช้เก็บตัวแปรได้ทุกแบบตามข้างต้น	22 ไบต์

ตารางที่ 5-1 ชนิดของตัวแปรใน Visual Basic

5.7 การประกาศตัวแปรและกฎการตั้งชื่อตัวแปรใน Visual Basic

การประกาศตัวแปรคือการที่เราบอกบอกเครื่องคอมพิวเตอร์ให้เตรียมเนื้อที่ในหน่วยความจำสำหรับเก็บตัวแปรที่เราจะใช้ในการประมวลผลในโปรแกรม โดยการประกาศตัวแปรจะใช้คำสั่ง Dim (Dimension) ซึ่งมีไวยากรณ์ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Dim ชื่อตัวแปร [as ชนิดของตัวแปร]

5.8 แปรแบบค่าคงที่

ในการเขียนโปรแกรมจะมีการใช้ค่าที่ซ้ำกันหลาย ๆ ครั้งและง่ายต่อการแก้ไขเปลี่ยนแปลงจำมีการกำหนดค่าคงที่ โดยประกาศค่าตัวแปรดังนี้

Constant ชื่อตัวแปร = ค่าที่ต้องการ

5.9 โปรแกรมย่อย

ในการเขียนโปรแกรมนั้น มักมีการแบ่งโปรแกรมออกเป็นส่วนย่อย ๆ เพื่อสะดวกต่อการควบคุมการทำงานและจัดการ โปรแกรมให้ง่ายขึ้น โปรแกรมย่อย ๆ เหล่านี้เรียกว่า Sub Procedure หรือ โพรซีเจอร์ย่อย ลองพิจารณาจากโปรแกรมตัวอย่างด้านล่าง

```
Sub MainProgram ()
```

```
...
```

```
ส่วนของโปรแกรม
```

```
...
```

```
end sub
```

5.10 Event Procedure

Event Procedure คือ โปรแกรมย่อยชนิดหนึ่ง ที่จะทำงานก็ต่อเมื่อมีเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นกับ ฟอร์ม โดยใน Event Procedure จะเก็บ โค้ดของแต่ละเหตุการณ์สำหรับแต่ละฟอร์มตามหลักการเขียนโปรแกรมแบบ Event-driven ตัวอย่างเช่นเมื่อเกิดเหตุการณ์ใด ๆ ใน Form นี้ซึ่งจะเก็บ โค้ดเมื่อเกิดการโหลด Form นี้ขึ้น การเข้าถึง Event Procedure นั้นทำได้โดยการเลือก Object list box และ Event list box ของ Code Editor เมื่อเลือกฟอร์มและอีเวนต์ตามต้องการแล้ว หน้าจอของ Code Editor ก็จะเปลี่ยนไปเป็น Sub Procedure ของเหตุการณ์และฟอร์มนั้น

5.11 ขอบเขตของตัวแปร (Scope of variable)

ในการตั้งตัวแปรแต่ละตัวจะมีขอบเขตในการมองเห็นและใช้งาน (Scope) แตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับว่าเราต้องการให้โปรแกรมส่วนใดมองเห็นตัวแปรนั้นได้บ้าง

- ตัวแปร Public มองเห็นและเรียกใช้ได้ในทุกฟอร์ม, โมดูลหรือโพรซีเจอร์การประกาศทำได้โดยใช้คำว่า Public แทนคำว่า Dim ในบรรทัดต่อจาก Option Explicit นอกโพรซีเจอร์ใด ๆ
- ตัวแปร Private มองเห็นและเรียกใช้ได้เฉพาะทุกโพรซีเจอร์ ใน โมดูลหรือฟอร์มที่ประกาศเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ตัวแปร Local มองเห็นและเรียกใช้ได้เฉพาะ โพรซีเยอร์ที่ประกาศเท่านั้น โดยโพรซีเยอร์อื่นจะไม่เข้ามาร่วมใช้ ดังนั้นตัวแปรตัวแปรชื่อเดียวกันที่อยู่ในโพรซีเยอร์อื่นจะเป็นตัวแปรคนละตัวกัน

5.12 การจัดการกับข้อผิดพลาด

ในโปรแกรมที่เราใช้ทำงานอยู่จะมีคำสั่งต่าง ๆ มากมาย เช่นระบบปฏิบัติการของ WINDOWS ซึ่งจะมีคำสั่งต่างๆ มากมาย การเขียนโปรแกรมให้มีความถูกต้อง 100% เป็นไปไม่ได้ยาก นั่นการเขียนโปรแกรมขึ้นมาจึงต้องคำนึงถึงจุดนี้ด้วย

การป้องกันใน Visual Basic 6.0 จะไม่สามารถแก้ข้อผิดพลาดที่เกิดจากโปรแกรมได้เองแต่ได้มีชุดเครื่องมือที่ช่วยในการค้นหาและจัดการข้อผิดพลาด นอกจากนั้นยังมีชุดคำสั่งที่สามารถใช้จัดการข้อผิดพลาดอีกด้วย

5.12.1 ชนิดของข้อผิดพลาดในการเขียนโปรแกรม

5.12.1.1 ข้อผิดพลาดในขณะที่คอมไพล์โปรแกรม

Compile Error หรือ Syntax Error เป็นข้อผิดพลาดที่เกิดจากการเขียน โปรแกรมผิดพลาด เช่นคำสั่งผิดพลาด พิมพ์คำสั่ง ไม่ครบชุดคำสั่ง

5.12.1.2 ข้อผิดพลาดขณะรันโปรแกรม

Run-time Error เป็นข้อผิดพลาดที่เกิดขณะที่โปรแกรมอยู่ระหว่างการทำงาน ซึ่งข้อผิดพลาดลักษณะนี้จะไม่พบตอนคอมไพล์โปรแกรม เพราะการเขียนคำสั่งถูกต้อง จะพบเมื่อตัวหารเป็น ศูนย์

5.12.1.3 ข้อผิดพลาดจากการคิดผิด

Logic Error เป็นข้อผิดพลาดที่ตรวจสอบและค้นหาค่อนข้างลำบากเพราะ โปรแกรมจะ ไม่มีการเตือนข้อผิดพลาดใด ๆ เลย

5.12.1.4 เทคนิคการป้องกันข้อผิดพลาด

จากการที่ได้รู้จักข้อผิดพลาดต่าง ๆ แล้วต่อไปก็จะเป็นการลดข้อผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้น

- ออกแบบและเขียน Flow Chart ของขั้นตอนการเกิดเหตุการณ์ต่าง ๆ
- ควรทำเครื่องหมาย ให้เป็นนิสัย โดยการเขียนข้อความบรรยายความหมาย หน้าที่
- ควรประกาศตัวแปร โดยระบุชนิด (type) ให้ตรงกับความต้องการใช้งาน หลีกเลี่ยงการใช้ตัวแปรแบบ Variant เพราะตัวแปรแบบนี้เป็น ได้ทั้งตัวเลขและตัวอักษร
- ป้องกันความสับสนในการอ้างถึงออบเจกต์ต่าง ๆ
- ควรเลือก หรือกำหนด Option Explicit เพราะเมื่อเราเขียนคำสั่งผิด หรือ ไม่มีการประกาศตัวแปรโปรแกรมก็จะเตือน

5.13 ขั้นตอนการเขียนโปรแกรม

- เปิดโปรเจกต์ใหม่โดยเข้าสู่ Visual Basic เลือก Standard Exe แล้วกด Open โปรแกรมจะเข้าสู่

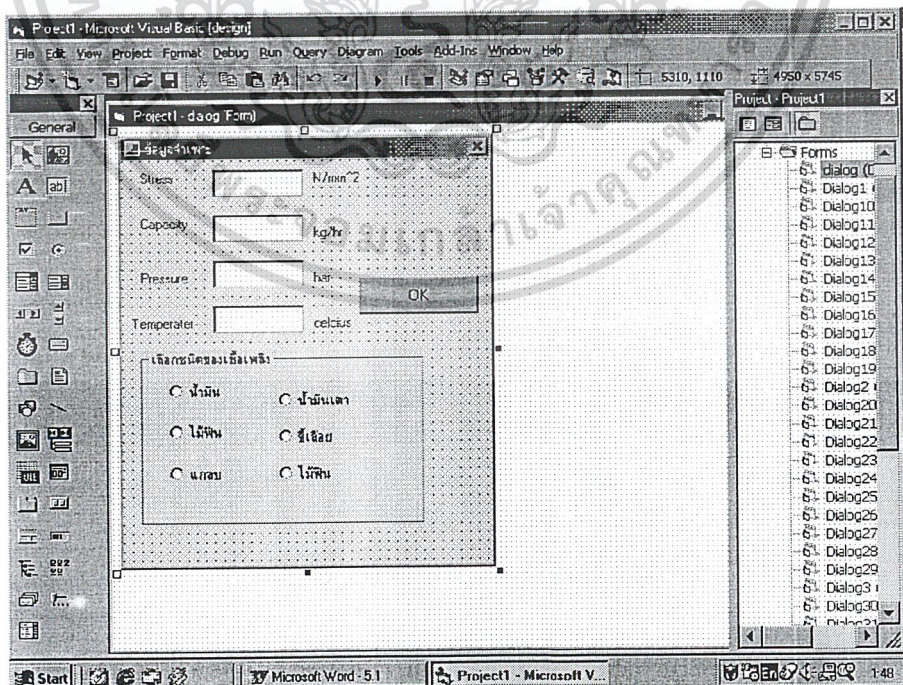
หน้าจอ IDE ของ Visual Basic เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ออกแบบหน้าจอซึ่งเป็นฟอร์มที่แสดงให้ผู้ใช้งานเห็นและติดต่อกับตัวโปรแกรมของเรา ให้ออกแบบตามการใช้งาน
- ตั้งค่าพร็อพเพอร์ตี้ของแต่ละออบเจ็กต์ การตั้งค่าออบเจ็กต์ทำได้โดยคลิกที่ตัวออบเจ็กต์แล้วเข้าไปตั้งค่าในวินโดว์ Properties แต่ถ้าวินโดว์นี้ไม่แสดงขึ้นมาให้เลือกเมนู View – Properties window หรือกด F4 แล้วตั้งพร็อพเพอร์ตี้
- ขั้นตอนต่อไปคือการเขียนโปรแกรมโค้ดสำหรับเหตุการณ์ที่จะเกิดจากโปรแกรมจะเห็นว่าเหตุการณ์หลัก ๆ ที่เกิดขึ้น

5.14 การเขียนโปรแกรมการออกแบบหม้อไอน้ำด้วย visual Basic

ลักษณะโปรแกรมการคำนวณออกแบบหม้อไอน้ำ จะใช้ฟอร์ม MDI และมีการใช้ Dialog box และฟอร์ม รวมทั้ง Input Box แต่ละฟอร์มหรือ Dialog Box จะมีหน้าที่ต่างๆ กันแล้วแต่ชุดคำสั่ง

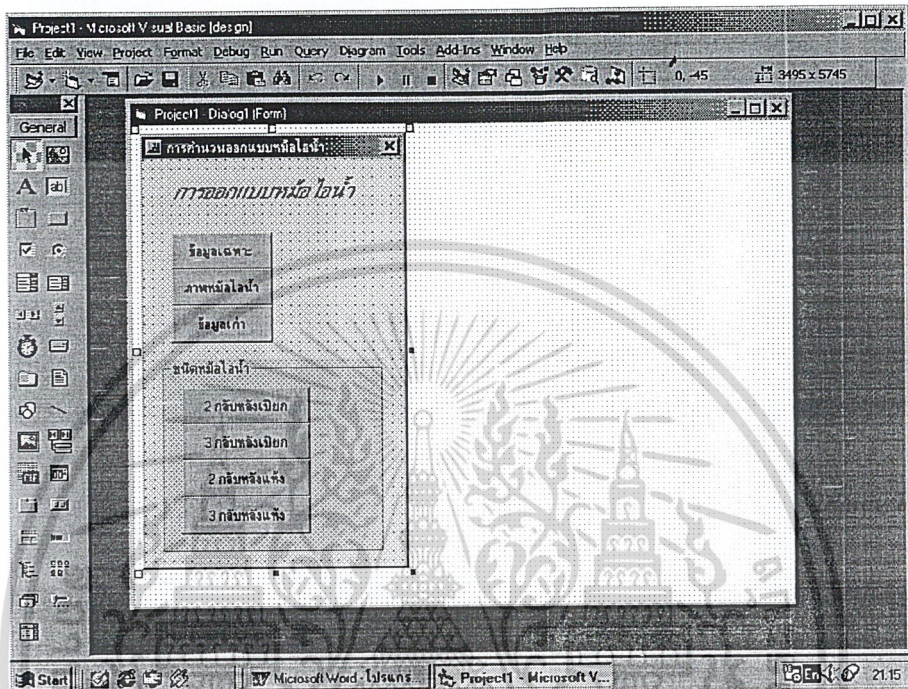
ที่ dialog แรกจะเป็นการรับค่าจำเพาะต่าง ๆ ที่ใช้ในการคำนวณ จะมีความเห็นของเหล็กที่อุณหภูมิห้อง ความต้องการปริมาณไอน้ำ ความดันออกแบบ และอุณหภูมิเฉลี่ย จะรับค่าโดย Text Box Text Box ที่ 1 จะเป็นการรับค่า ความดันที่อุณหภูมิห้อง และกำหนดให้เป็นชื่อ Stress Text Box ที่ 2 เป็นการรับค่าของความดันไอน้ำจะเป็น ต้นต่อชั่วโมงกำหนดให้เป็นชื่อ Capacity Text Box ที่ 3 เป็นความดันในการออกแบบจะรับค่าเป็น bar กำหนดชื่อเป็น Prdesign Text Box ที่ 4 จะรับค่าอุณหภูมิเป็น ($^{\circ}\text{C}$) เฉลี่ยให้เป็นชื่อ Temp มีแฟรม 1 แฟรมกำหนดให้ที่ Properties Caption ให้มีข้อความ เลือกชนิดของเชื้อเพลิง ในแฟรมนี้จะมีชนิดของเชื้อเพลิงที่ให้เลือก สามารถเลือกโดยกลุ่ม Option ตามรูปที่ 5-12



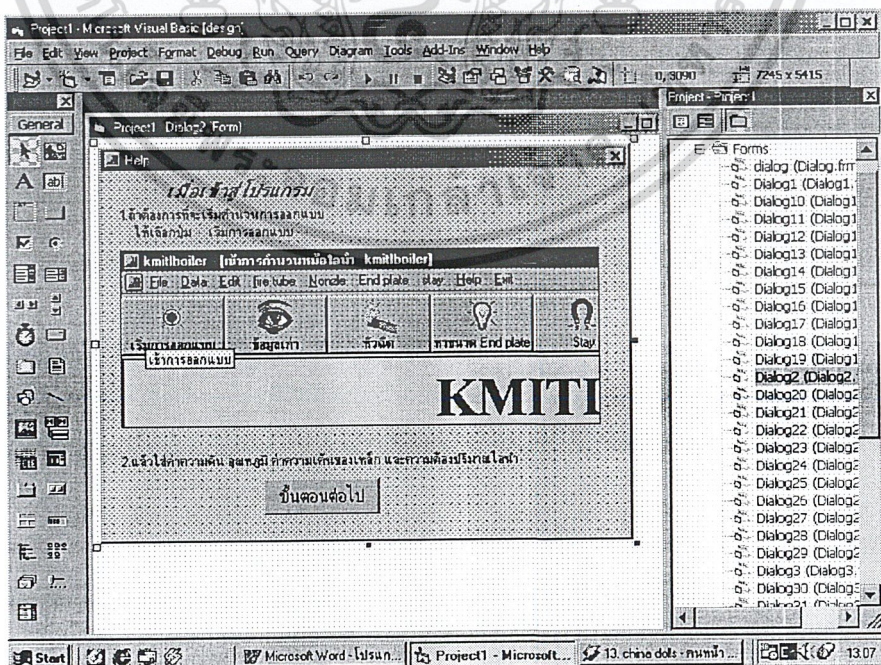
รูปที่ 5-12 การออกแบบฟอร์มรับค่าจำเพาะ (Dialog Box)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้เพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

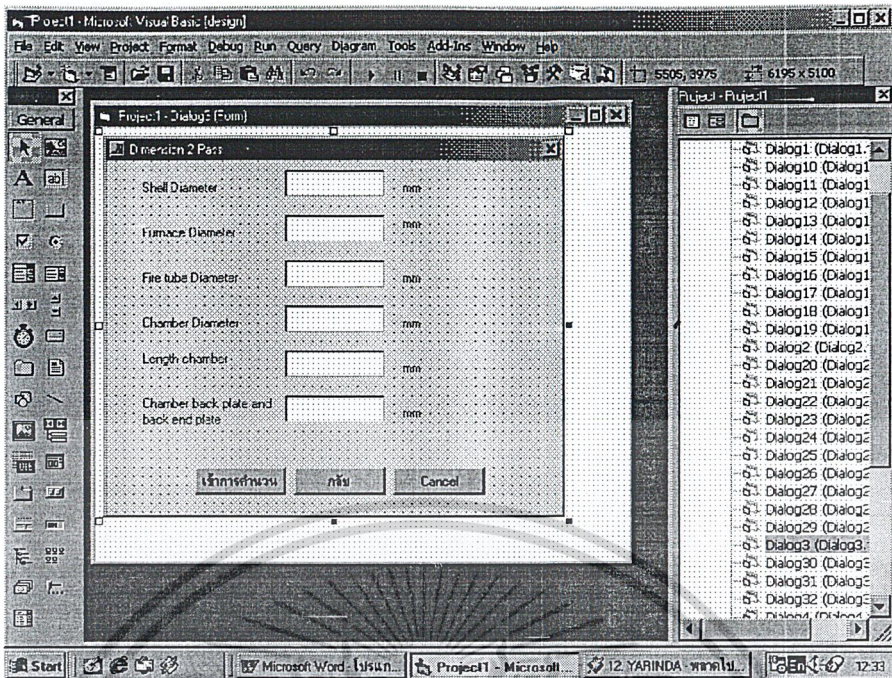
และภาพต่อไปนี้จะเป็นภาพของ Dialog Box และ Form ต่าง ๆ ที่ได้ออกแบบขึ้นตามลักษณะของหม้อไอน้ำและชนิดของการคำนวณ จะมี Dialog Box อยู่ 32 Dialog Box ด้วยกัน มีฟอร์มอยู่ 5 Form และมี Form MDI เป็นฟอร์มหลักของโปรแกรมจะเป็น Form ควบคุมการทำงานของฟอร์มต่าง ๆ และมีเมนูอยู่ด้านบนพร้อมไม่เลือกการทำงาน



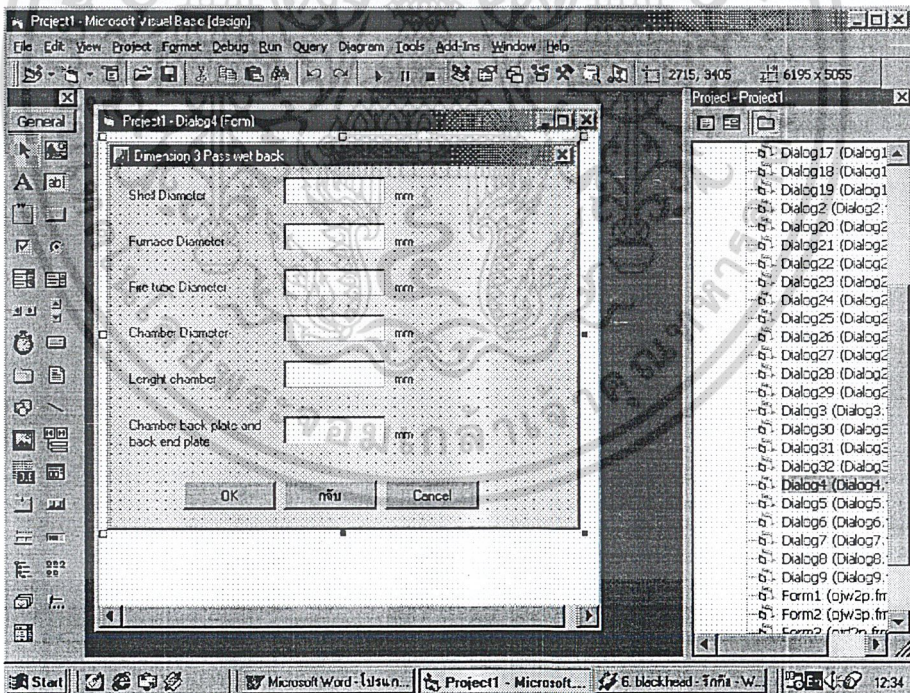
รูปที่ 5-13 การออกแบบฟอร์มเลือกชนิดหม้อไอน้ำที่จะคำนวณผล (Dialog Box 1)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานรูปที่ 5-14 Dialog Box 2 มอนูญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

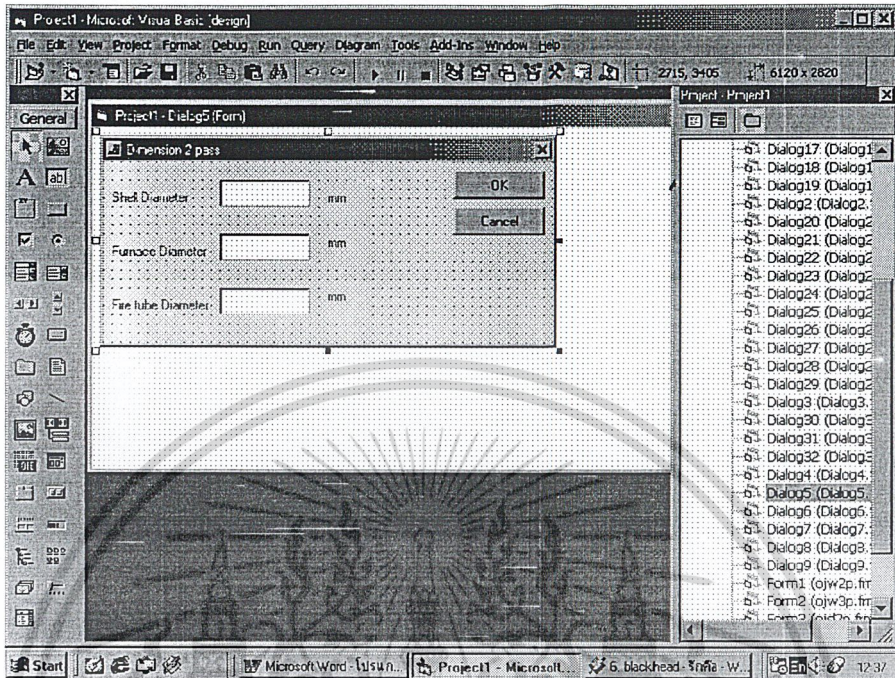


รูปที่ 5-15 Dialog Box 3

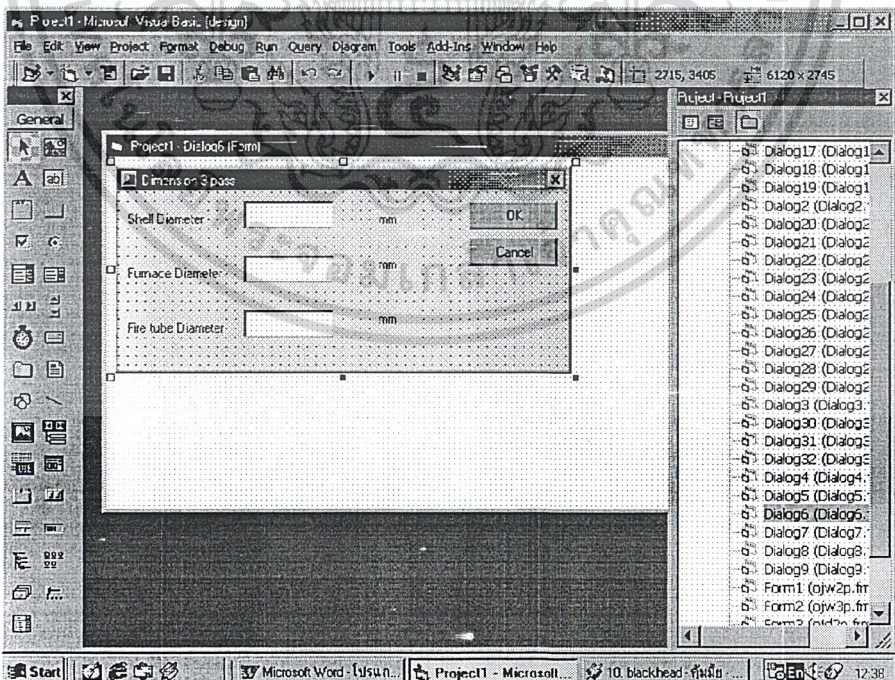


รูปที่ 5-16 Dialog Box 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

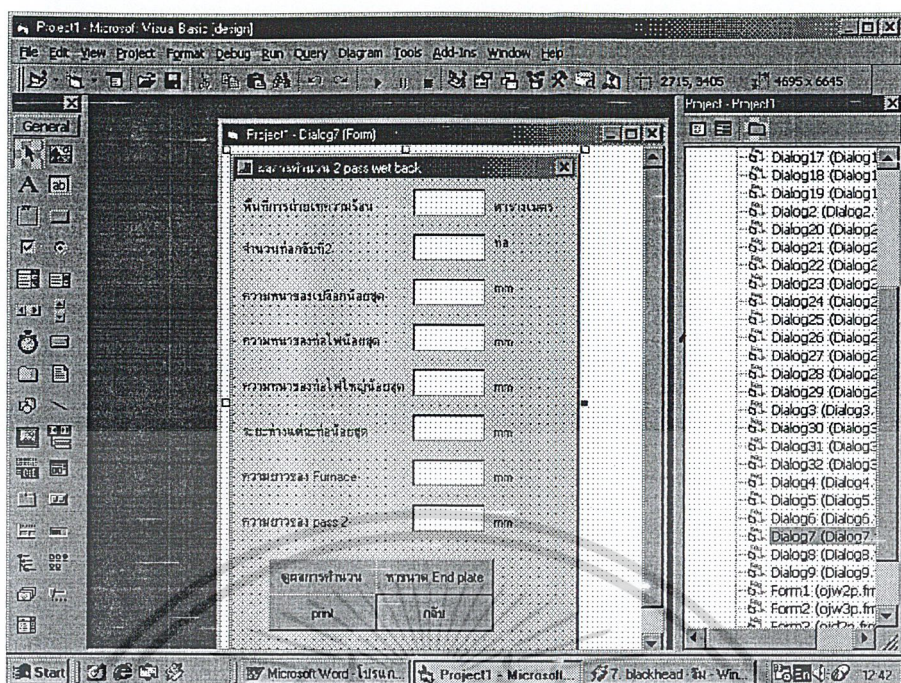


รูปที่ 5-17 Dialog Box 5

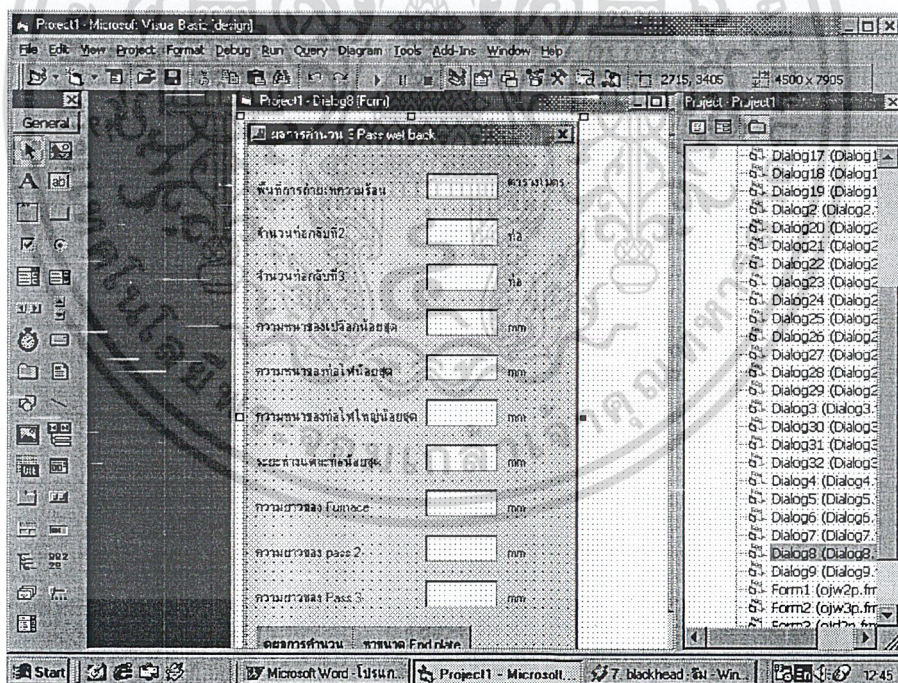


รูปที่ 5-18 Dialog Box 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

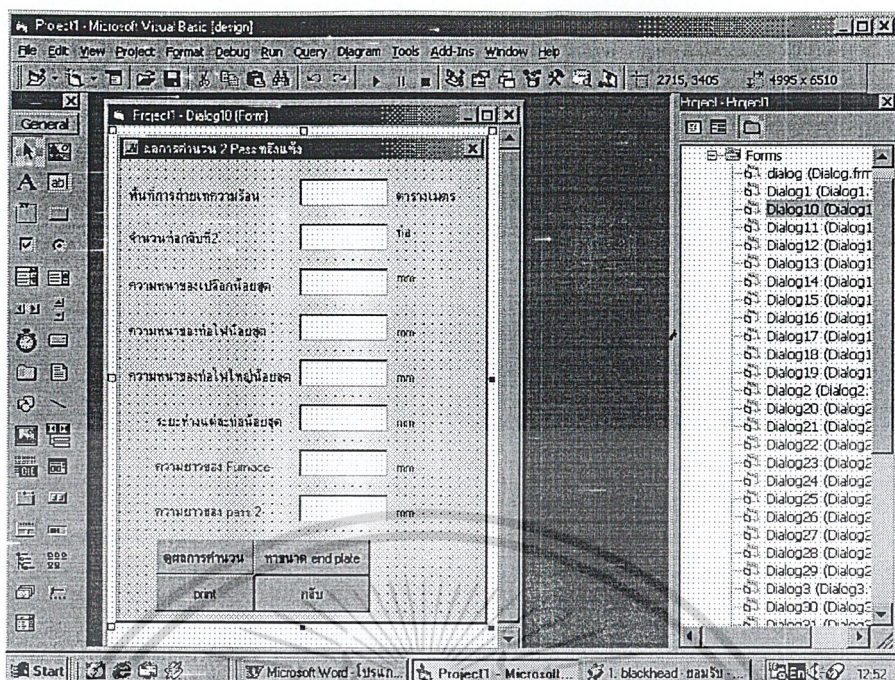


รูปที่ 5-19 Dialog Box 7

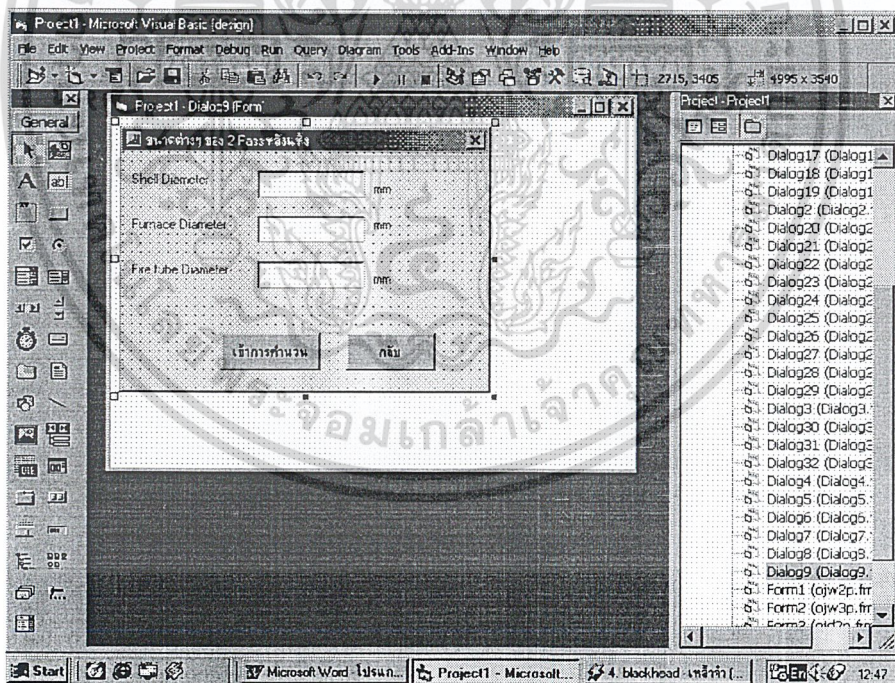


รูปที่ 5-20 Dialog Box 8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

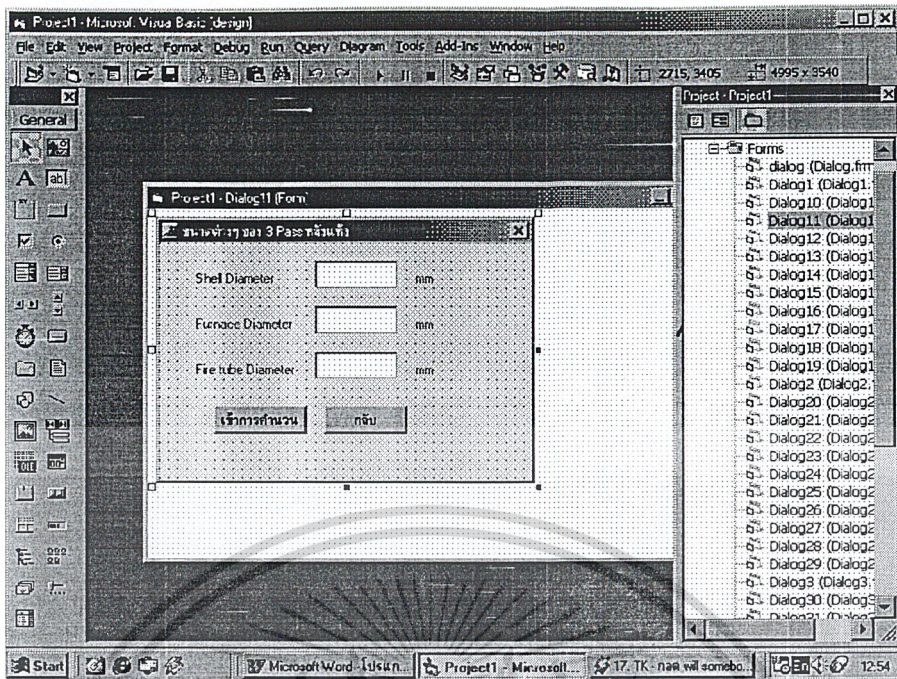


รูปที่ 5-21 Dialog Box 9

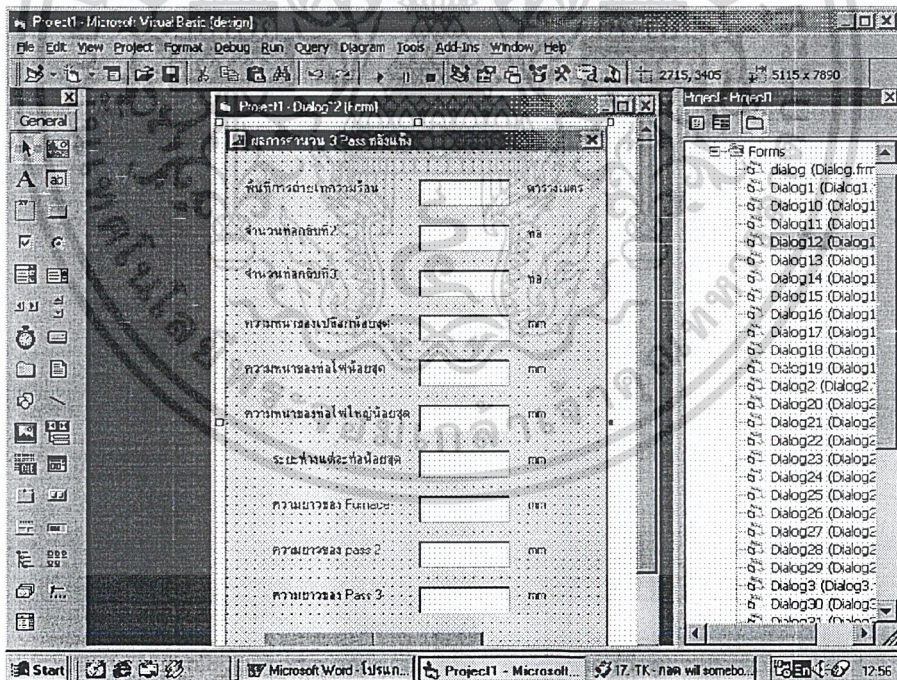


รูปที่ 5-22 Dialog Box10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

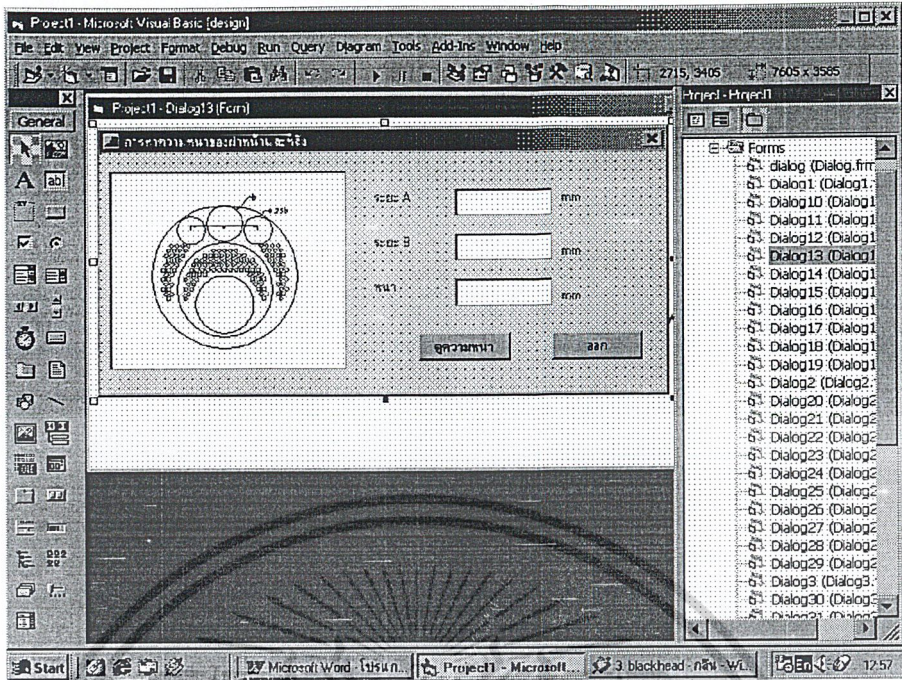


รูปที่ 5-23 Dialog Box 11

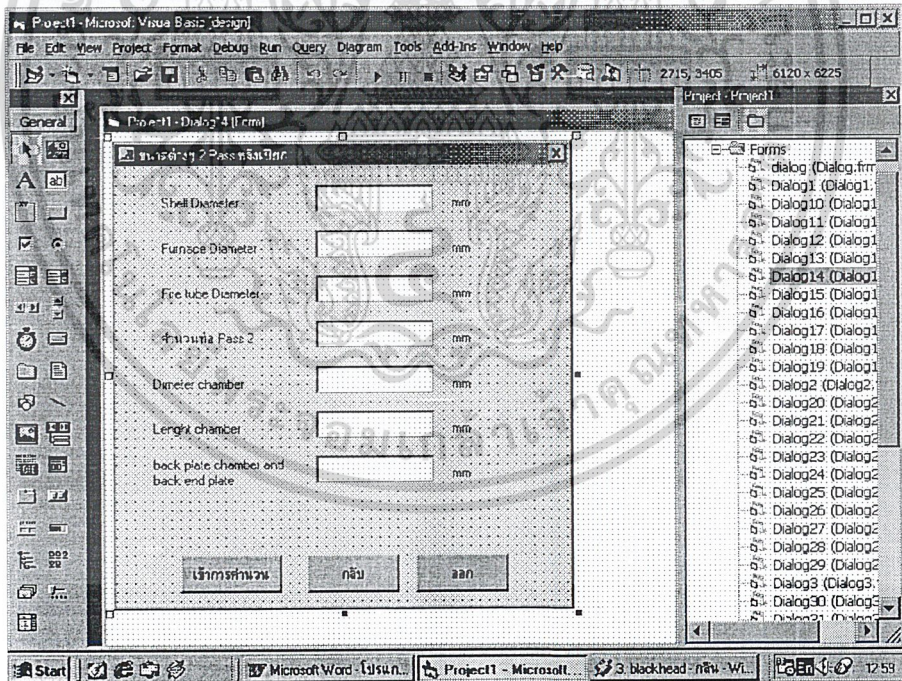


รูปที่ 5-24 Dialog Box 12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

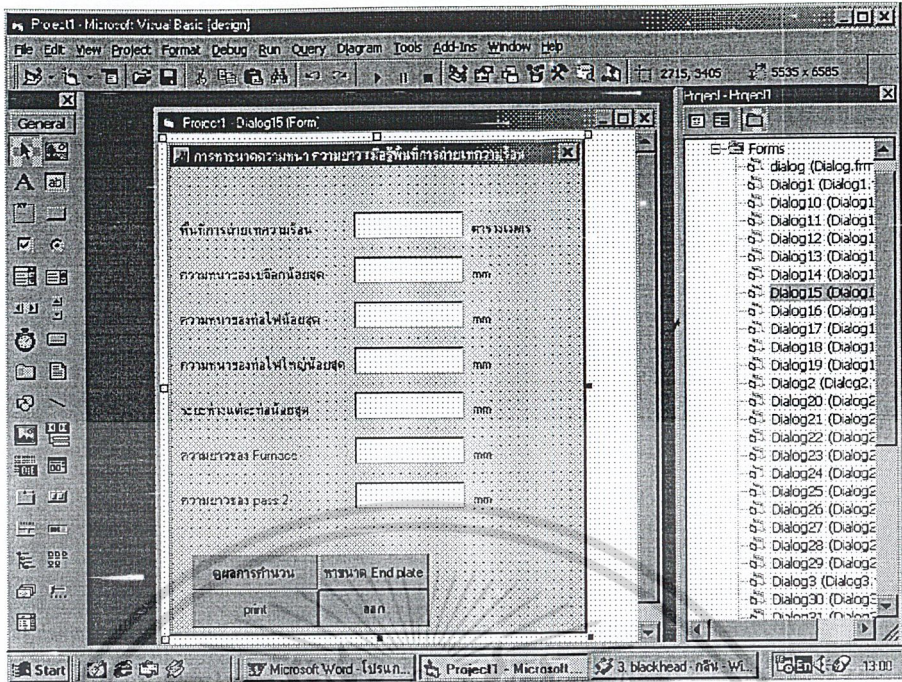


รูปที่ 5-25 Dialog Box 13

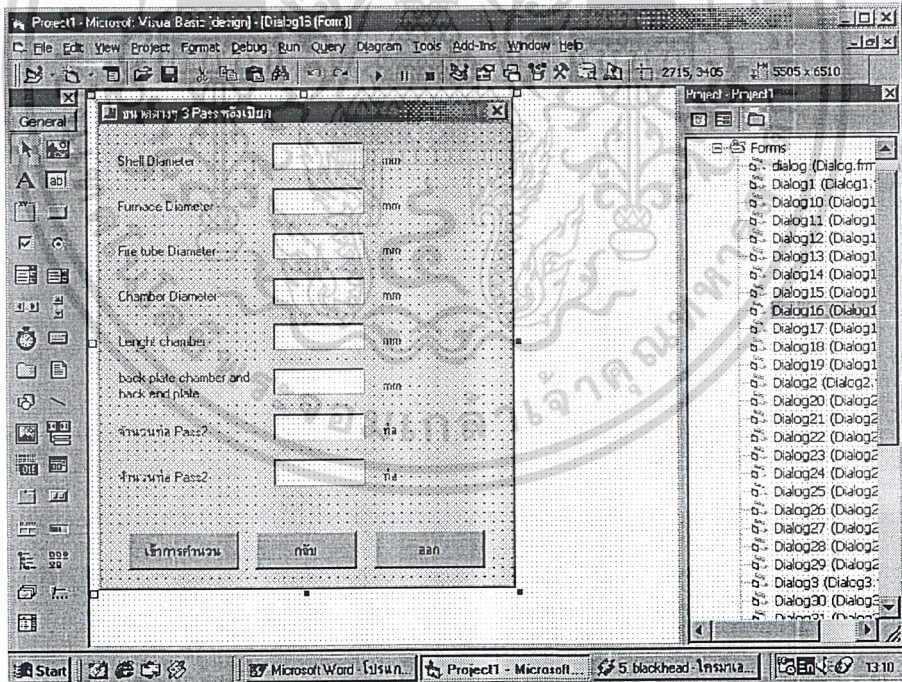


รูปที่ 5-26 Dialog Box 14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

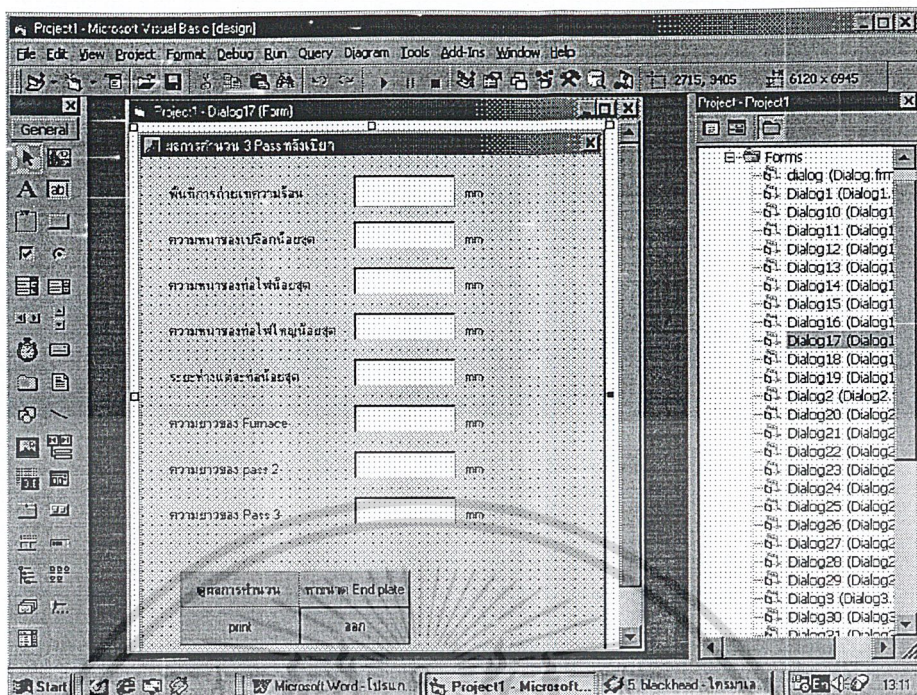


รูปที่ 5-27 Dialog Box 15

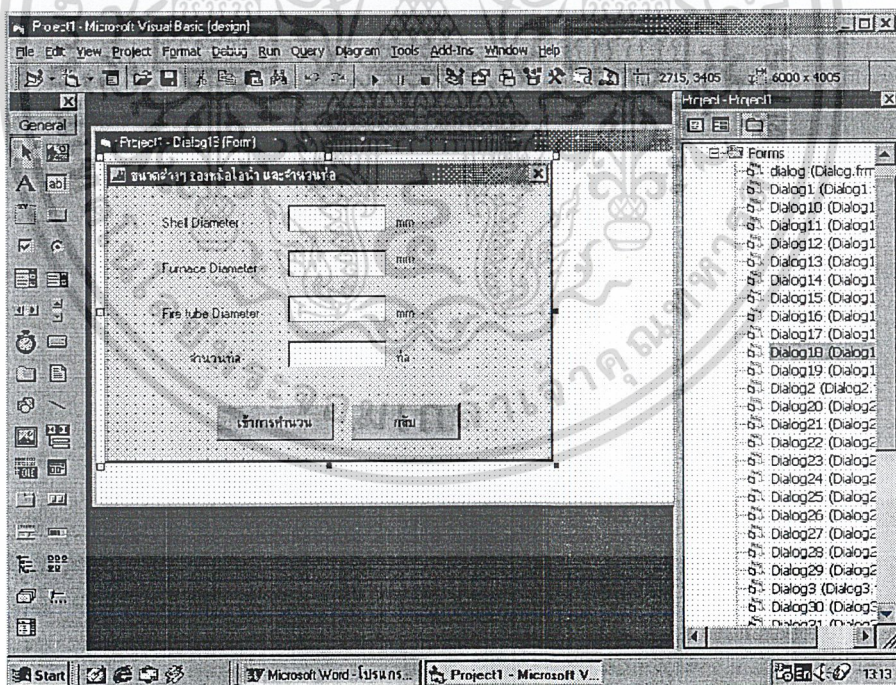


รูปที่ 5-28 Dialog Box 16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

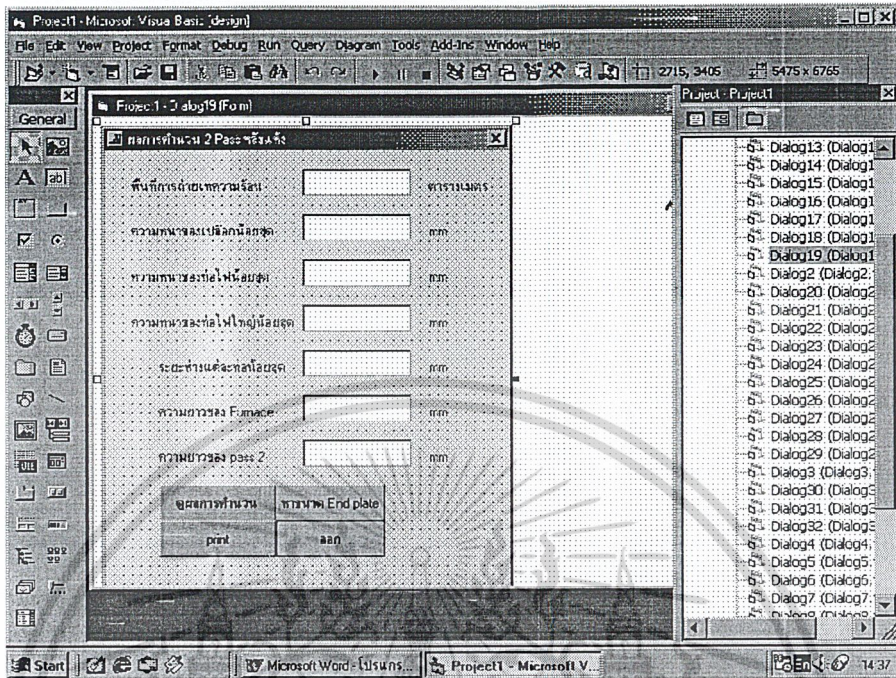


รูปที่ 5-29 Dialog Box 17

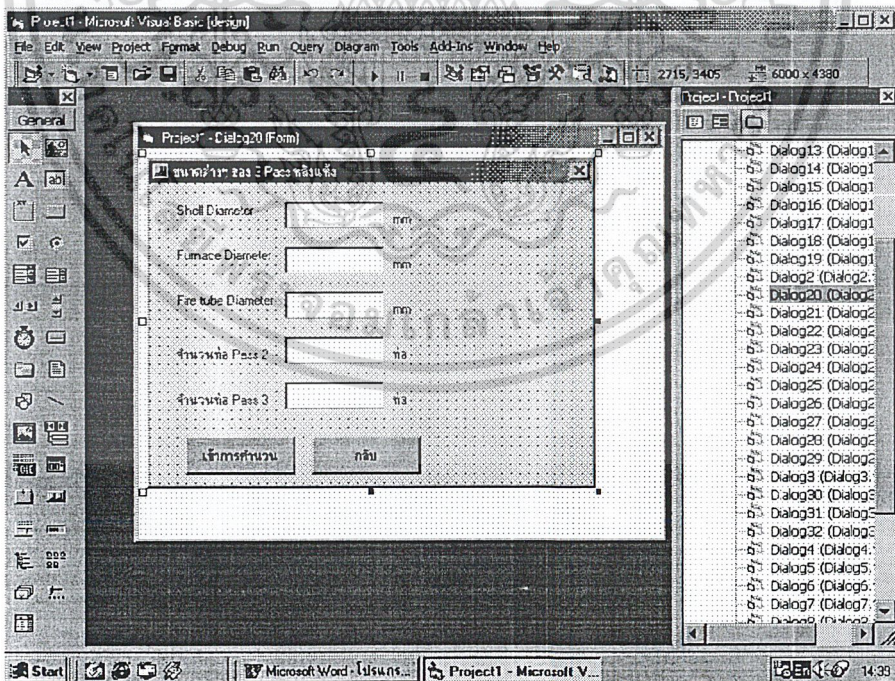


รูปที่ 5-30 Dialog Box 18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

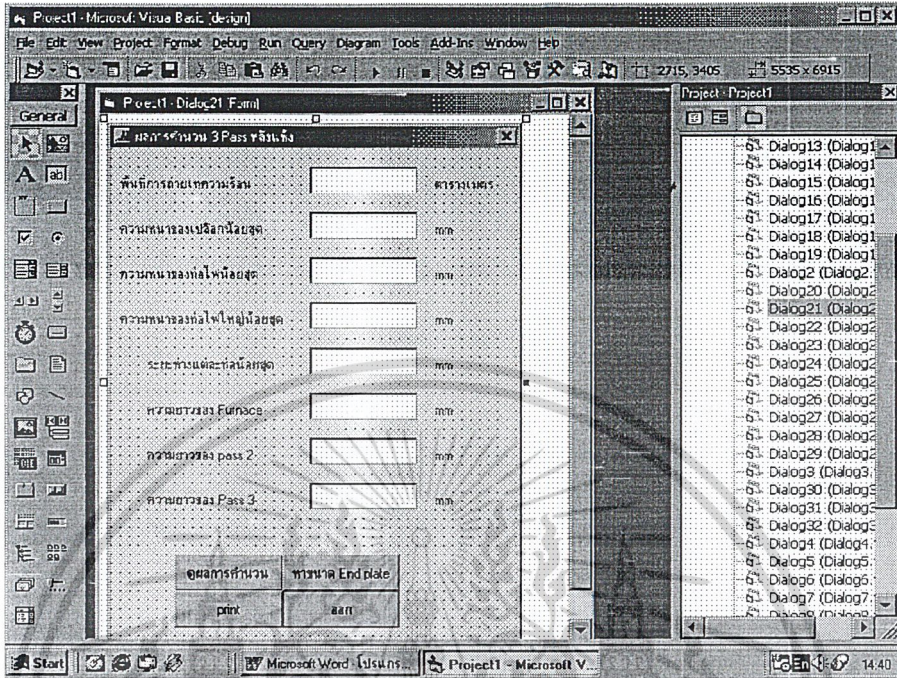


รูปที่ 5-31 Dialog Box 19

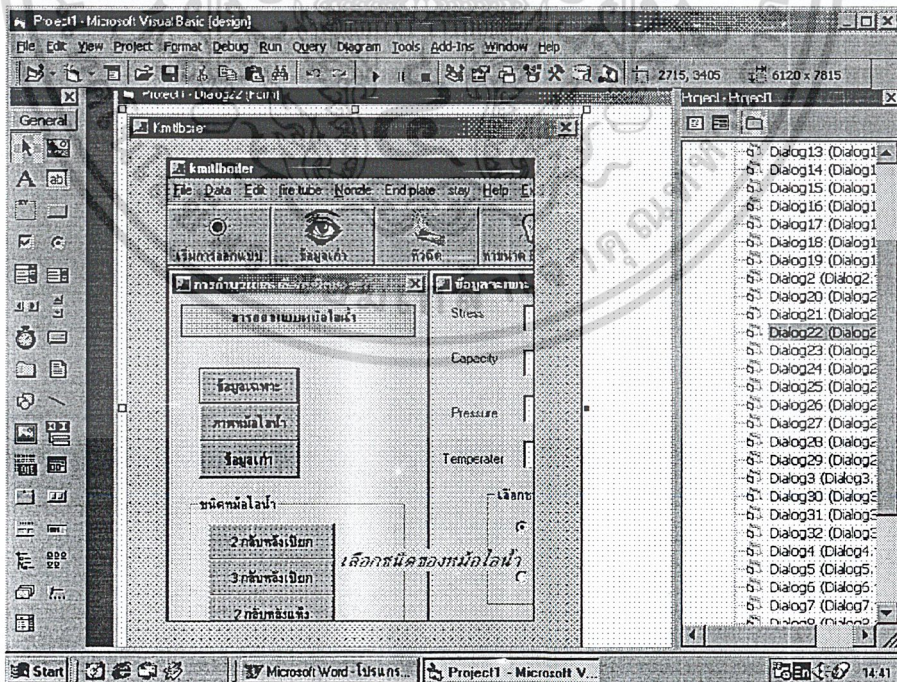


รูปที่ 5-32 Dialog Box 20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

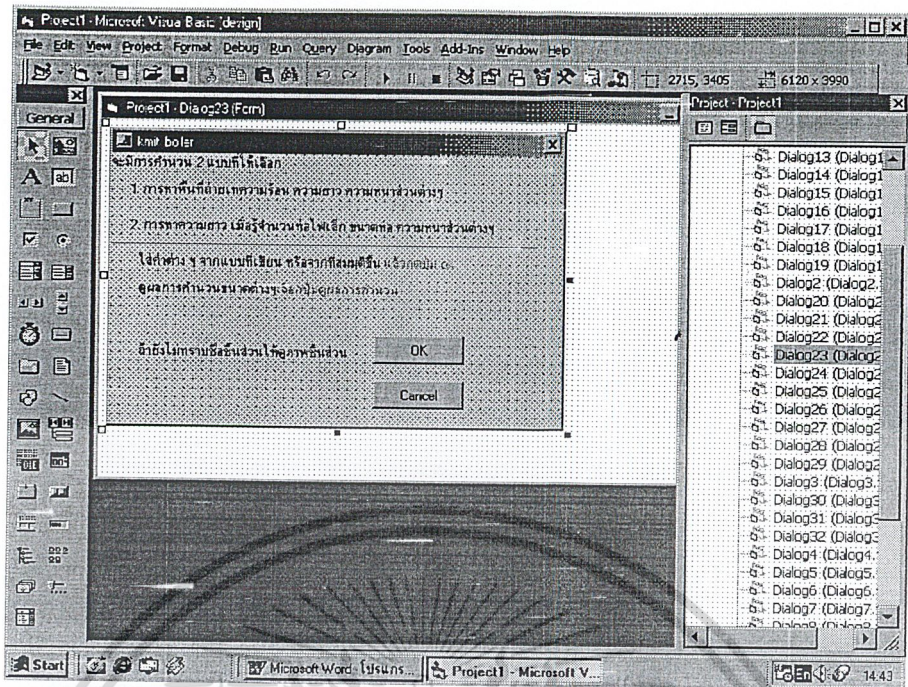


รูปที่ 5-33 Dialog Box 21

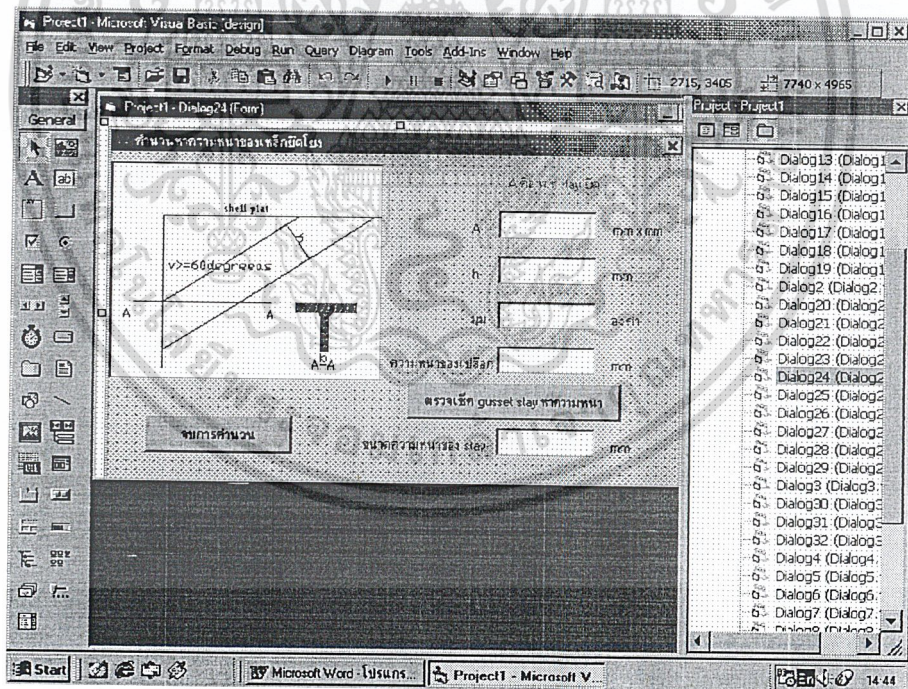


รูปที่ 5-34 Dialog Box 22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

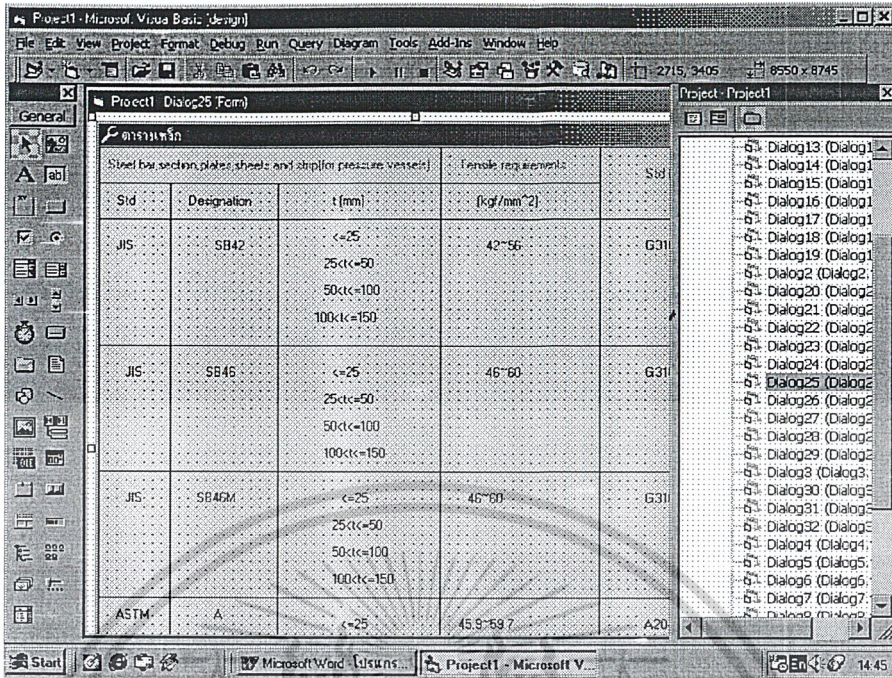


รูปที่ 5-35 Dialog Box 23

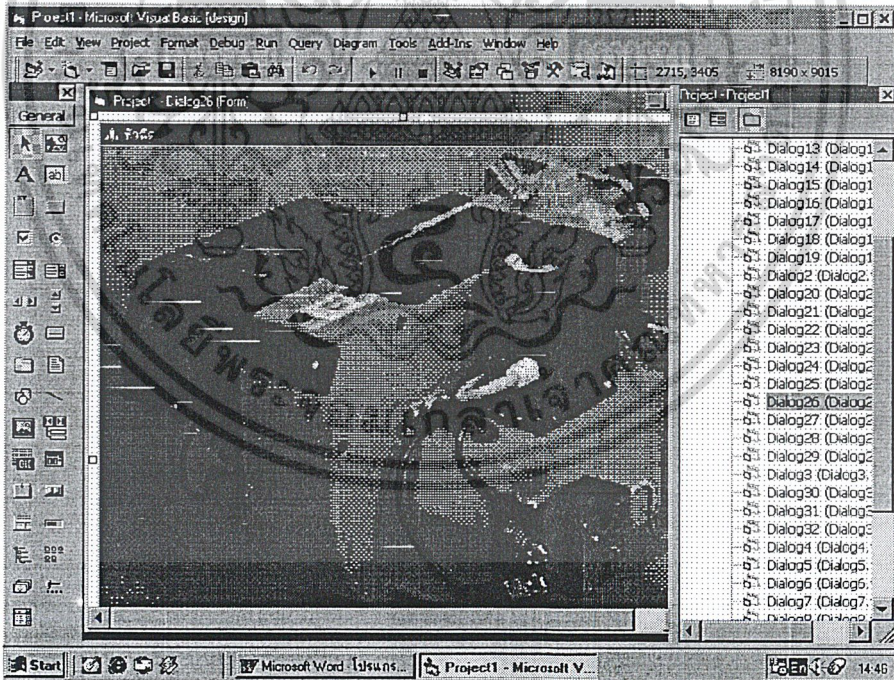


รูปที่ 5-36 Dialog Box 24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

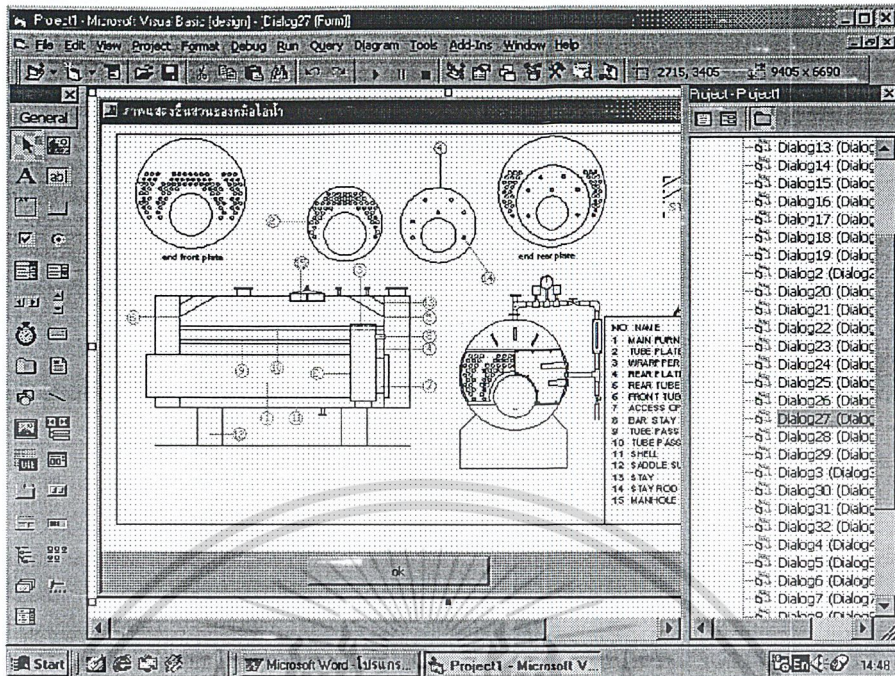


รูปที่ 5-37 Dialog Box 25

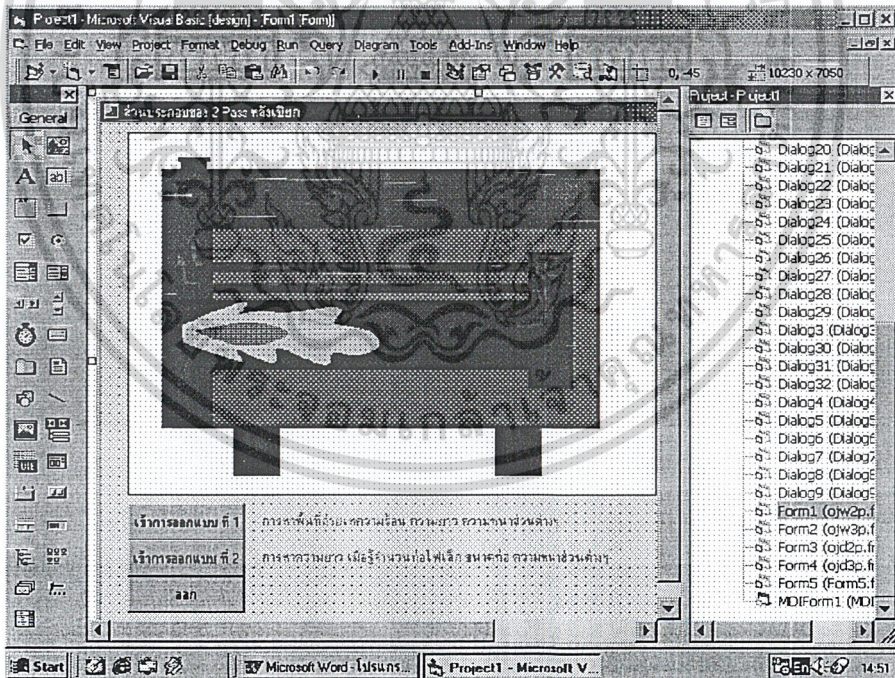


รูปที่ 5-38 Dialog Box 26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

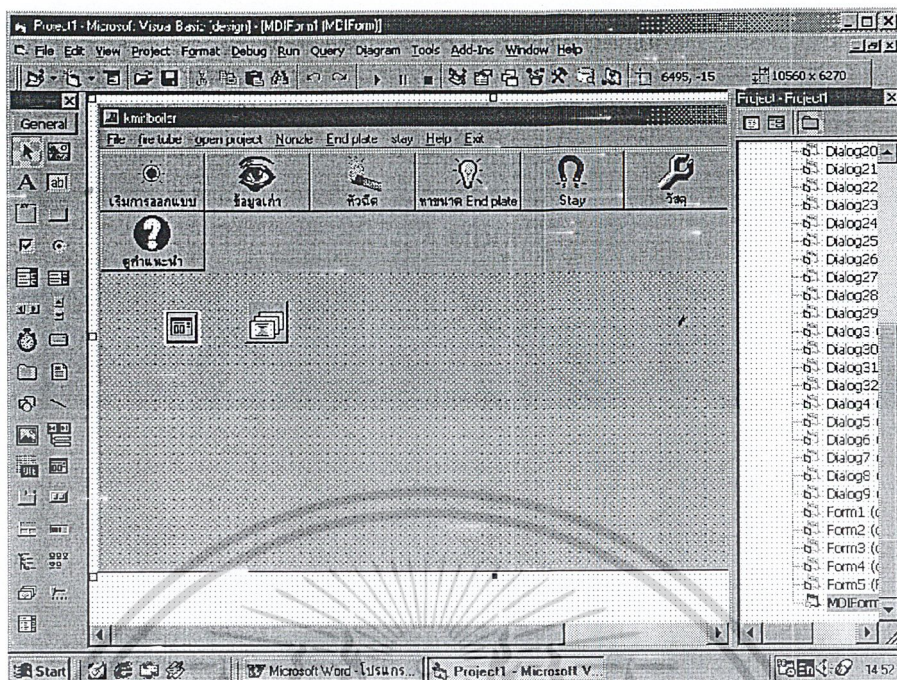


รูปที่ 5-39 Dialog Box 27



รูปที่ 5-40 Form ที่ 1

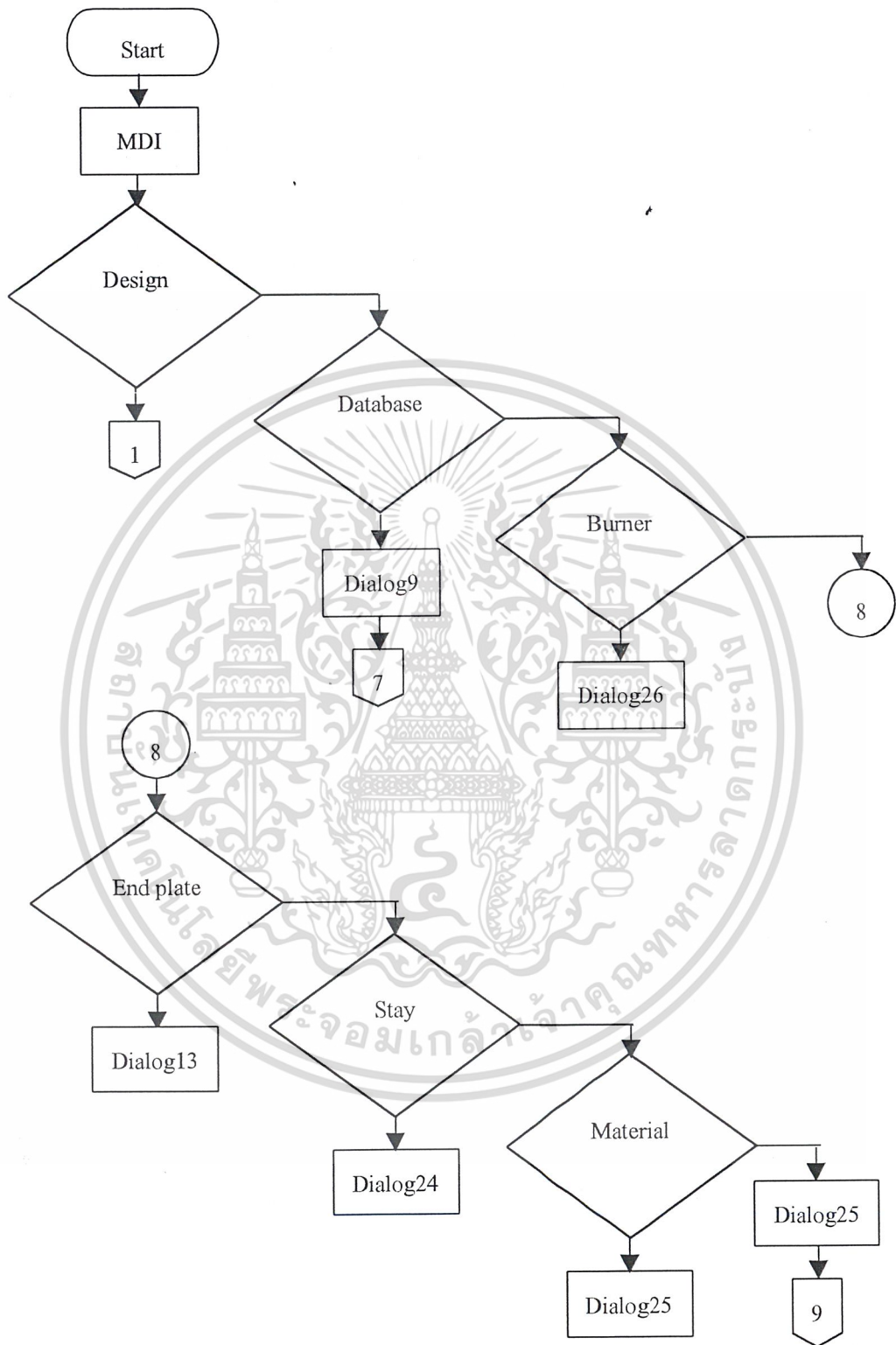
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



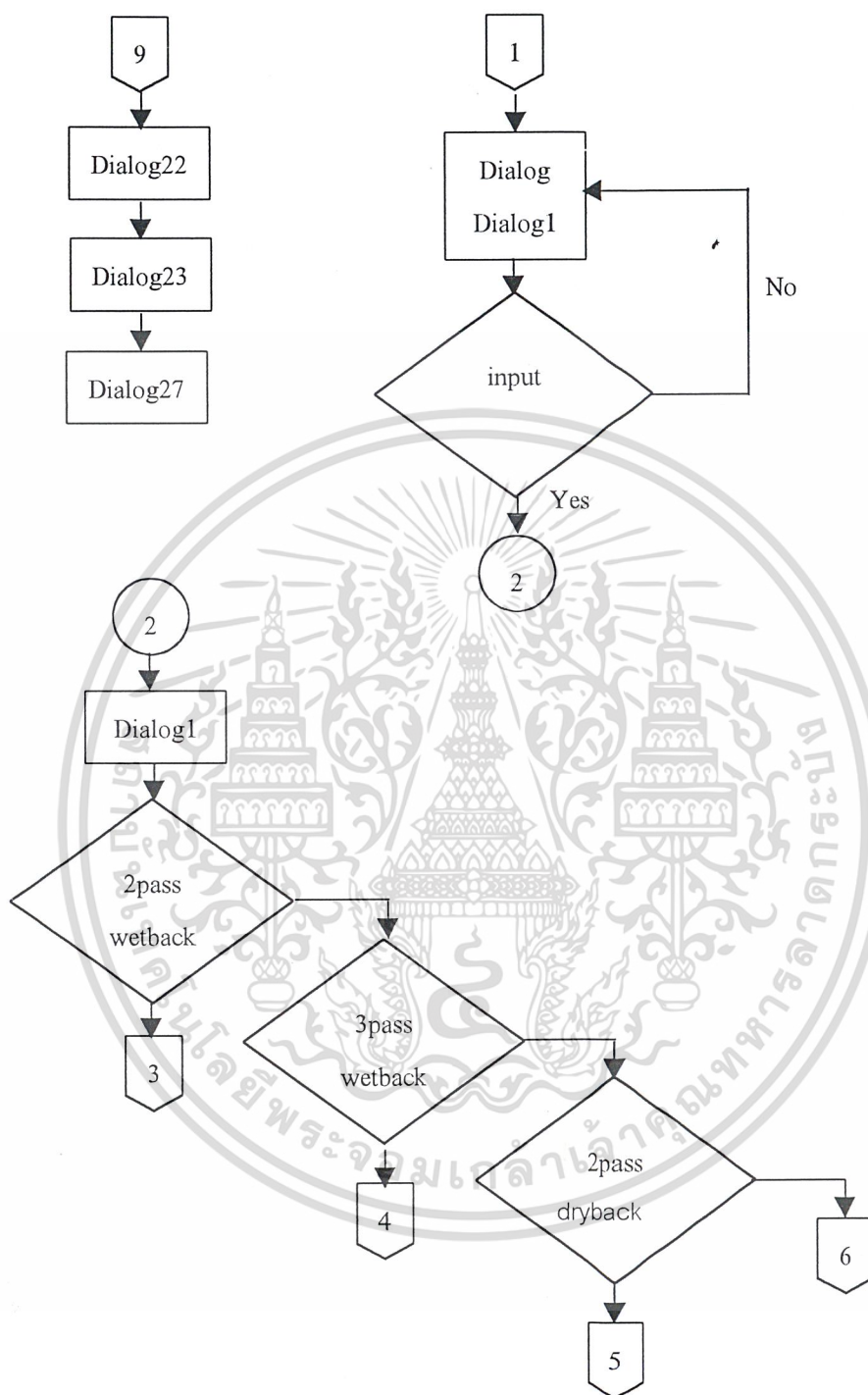
รูปที่ 5-41 Form MDI

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

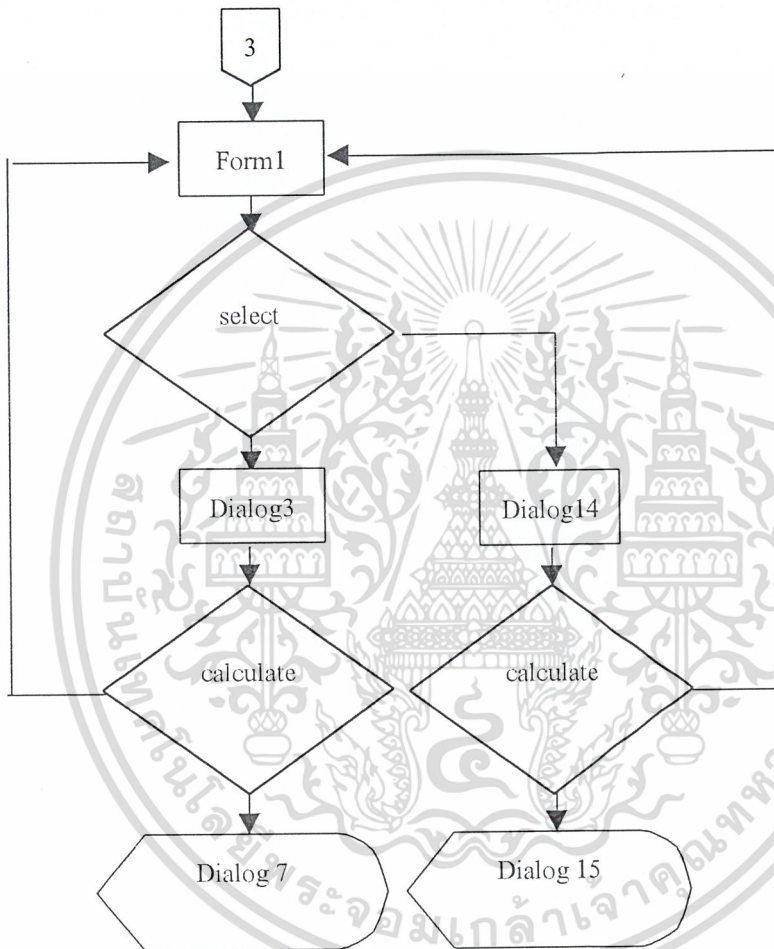
แผนผังแสดงการทำงานของโปรแกรม



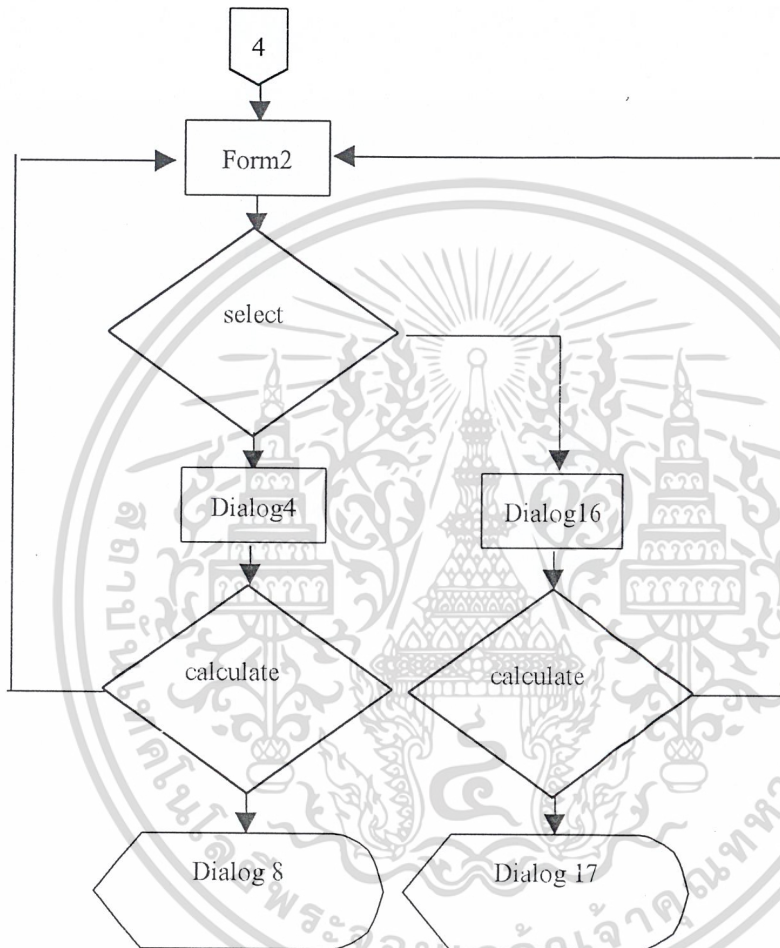
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



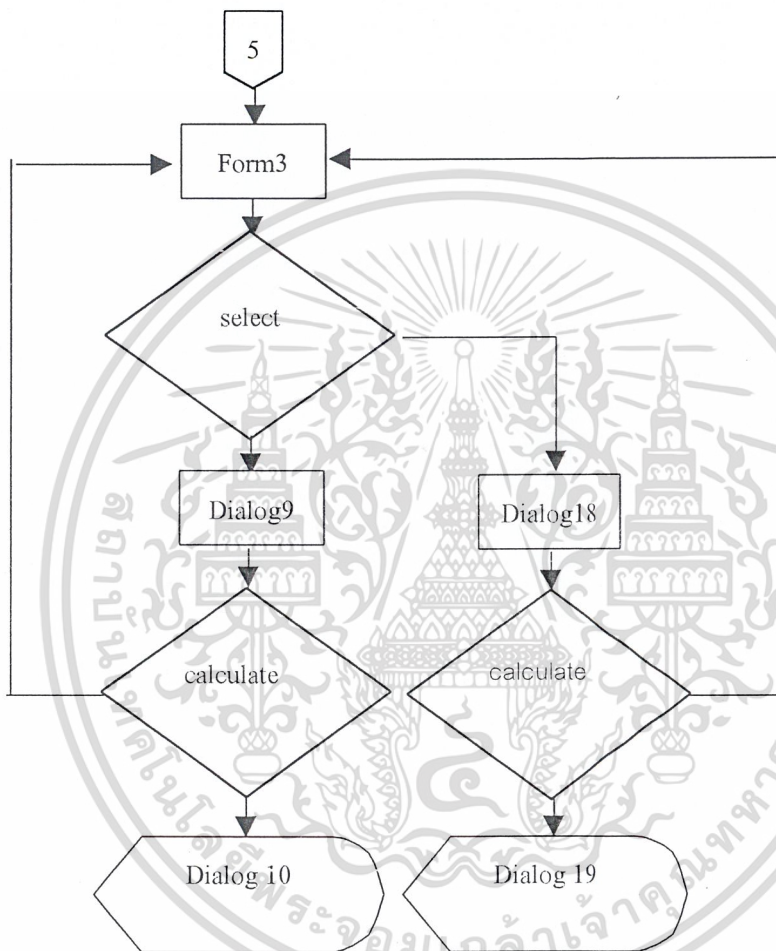
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



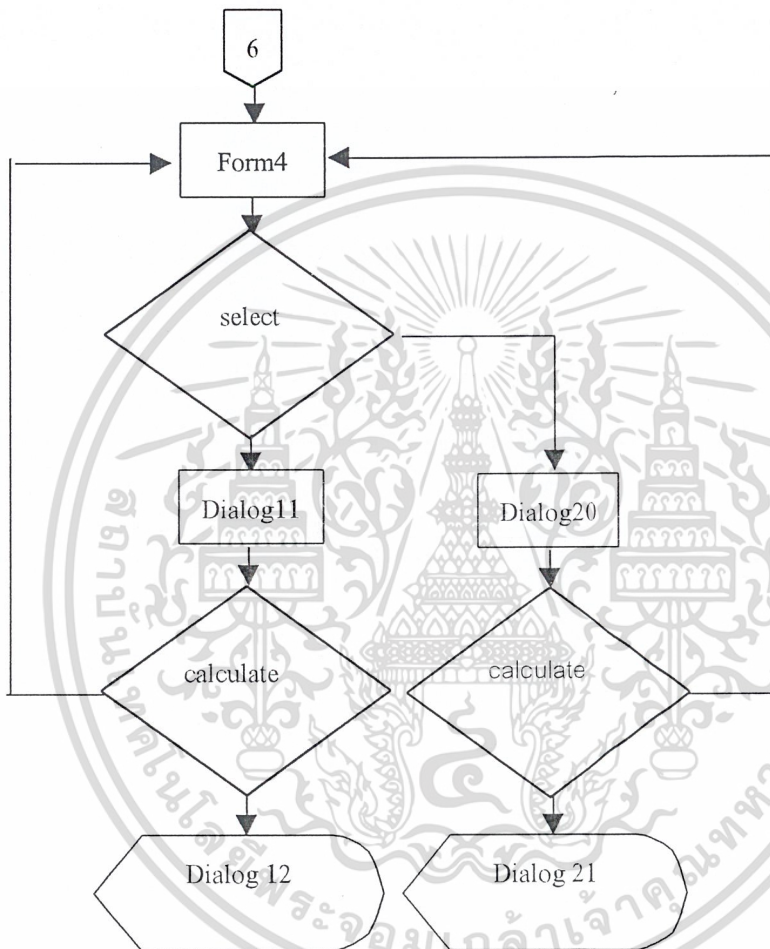
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



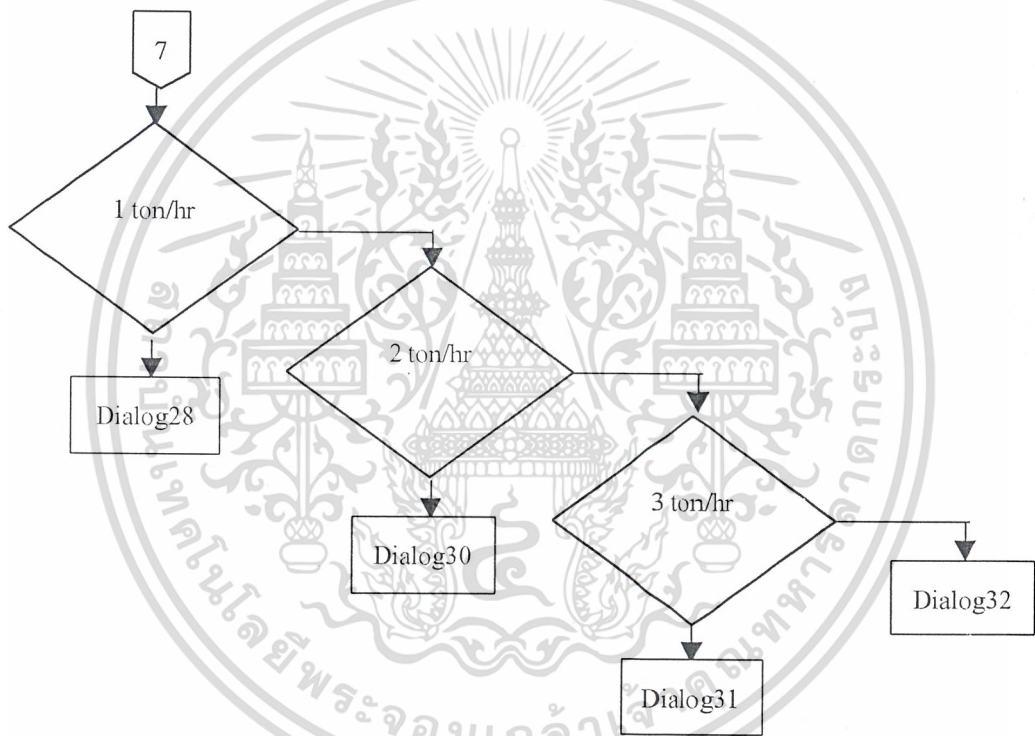
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

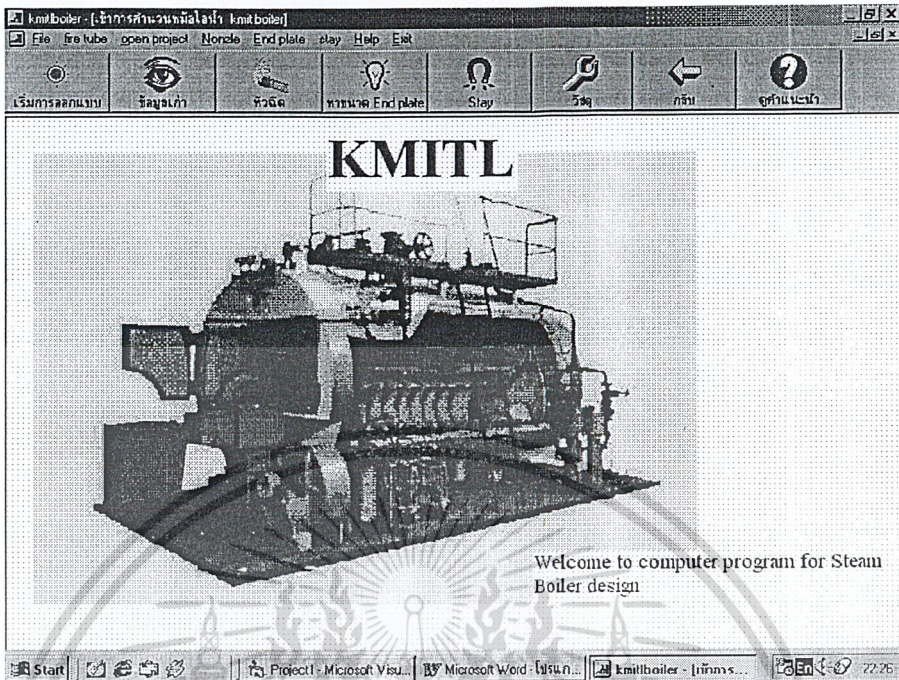


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



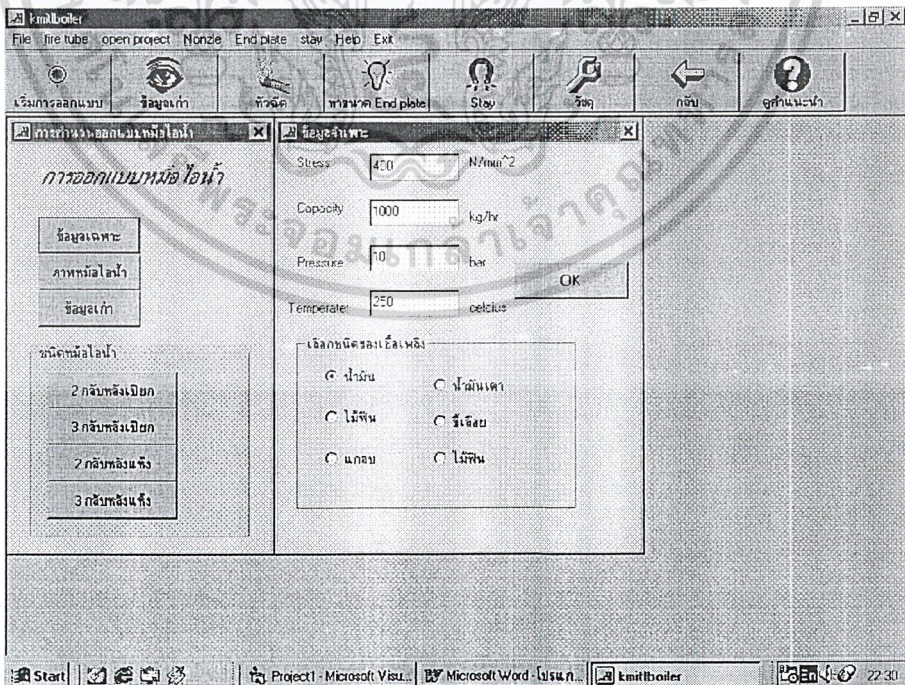
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่อไปเป็นตัวอย่างการคำนวณออกแบบหม้อไอน้ำหลังจากเขียน โปรแกรมและติดตั้งเรียบร้อยแล้วตามรูปที่ 5-42



รูปที่ 5-42 เข้าโปรแกรมครั้งแรก

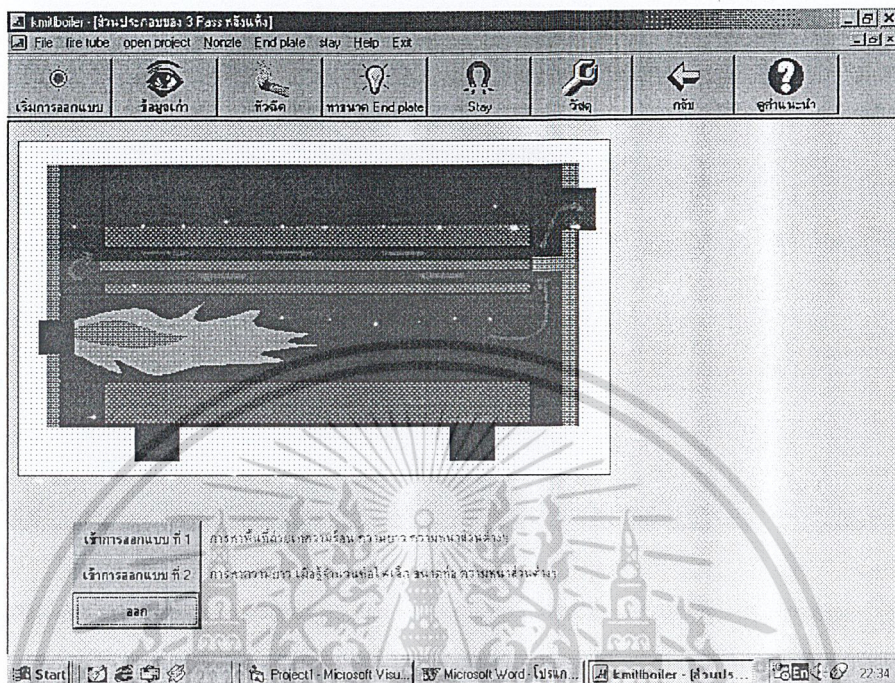
เมื่อเข้ามาตามในรูปที่ 5-43 ควรใส่ค่าจำเพาะให้ครบถ้าไม่ได้ใส่ค่าก็จะมี การบอกให้ใส่ค่าจนครบและเลือกชนิดของเชื้อเพลิง



รูปที่ 5-43 เริ่มการออกแบบคำนวณ

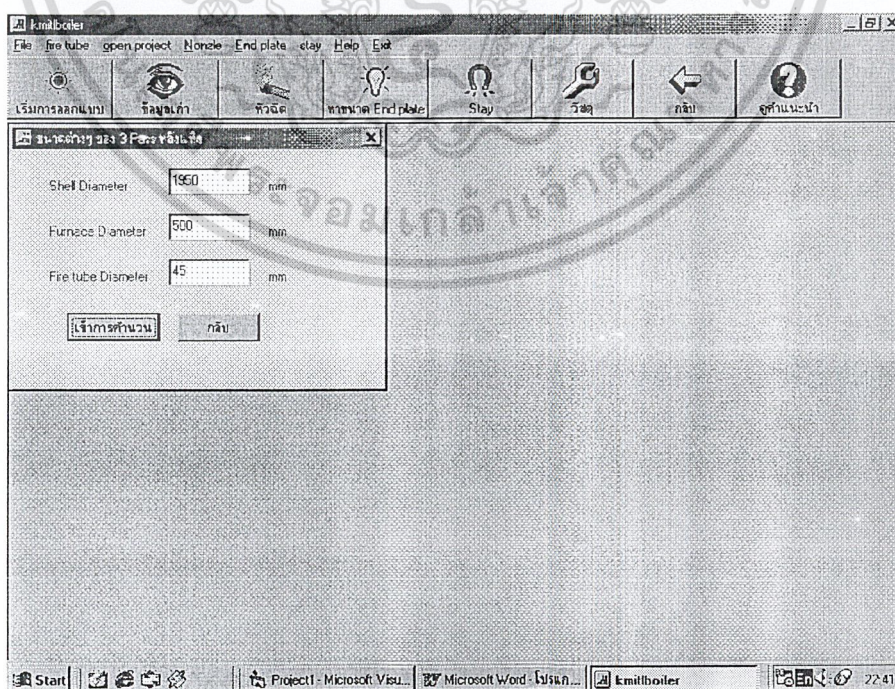
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อใส่ค่าเรียบร้อยแล้วให้เลือกชนิดของหม้อไอน้ำ และได้คดปุ่ม 3 กลับหลังเป็ยกหน้าจจะเปลี่ยนหัน
ที่เป็นรูปที่ 5-44

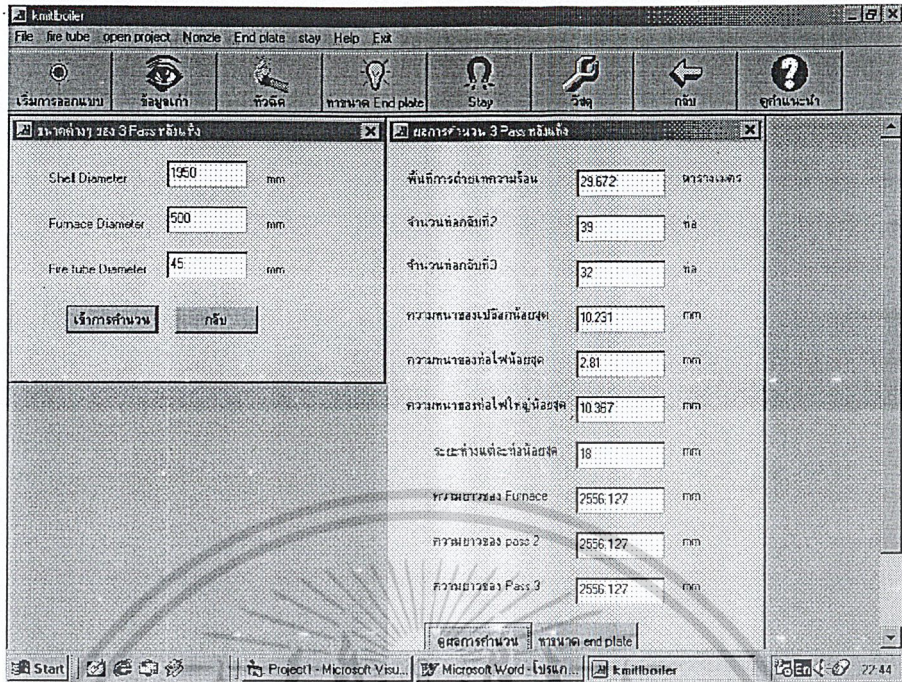


รูปที่ 5-44 แสดงรูปแบบค่านวณที่มีให้เลือก

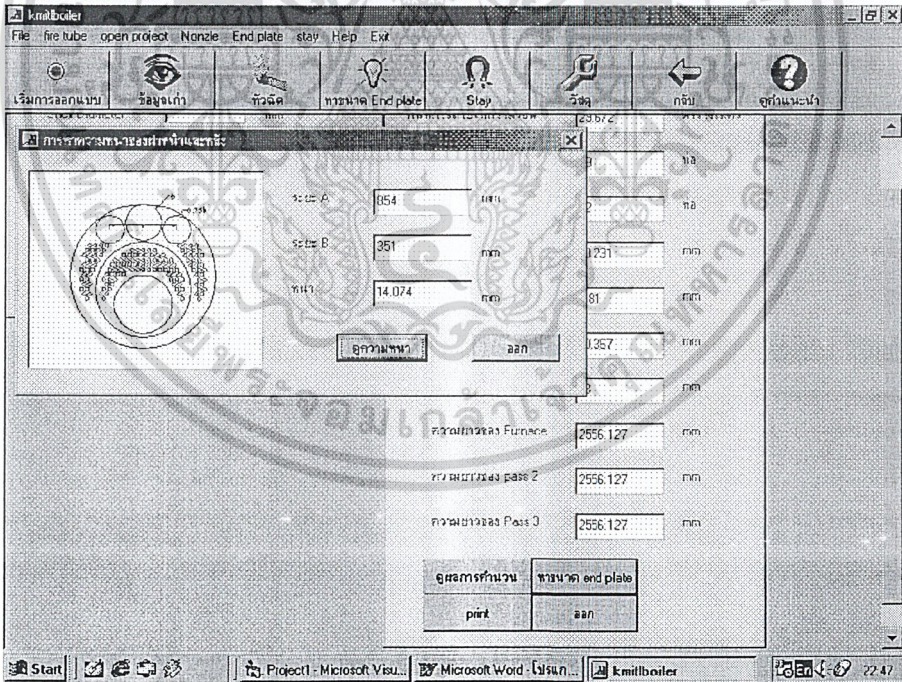
และเลือกแบบเข้าการออกแบบที่ 1 จะแสดงรูปที่ 5-45 ขึ้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้รูปที่ 5-45 เข้าการออกแบบที่ 1 อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

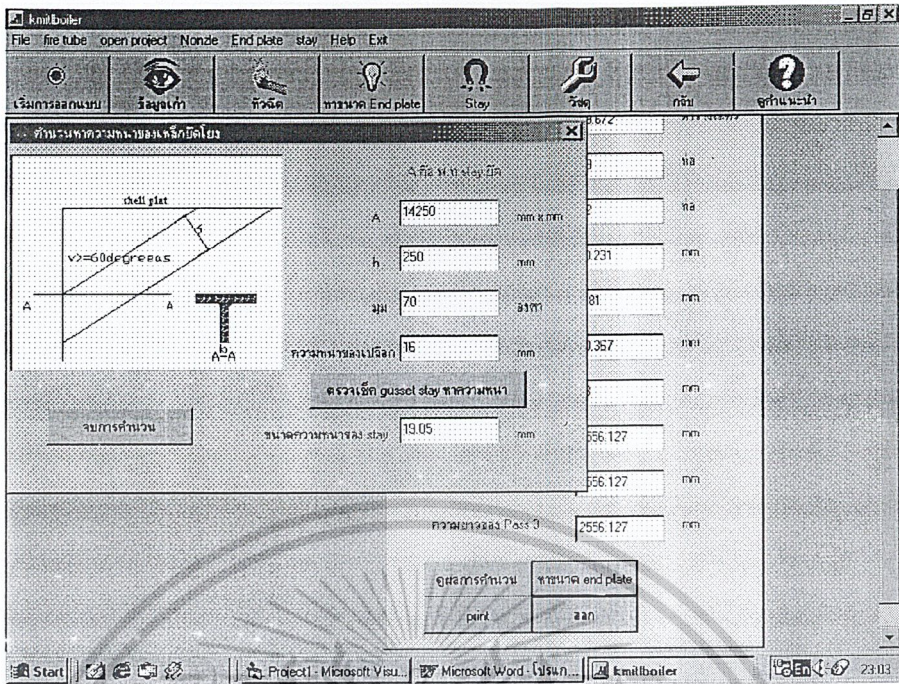


รูปที่ 5-46 แสดงผลการคำนวณและขนาดความยาว ความหนาของส่วนต่าง ๆ



รูปที่ 5-47 ภาพการคำนวณ End plate

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5-48 การคำนวณ Stay

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6

สรุปและวิจารณ์

ในการออกแบบหม้อไอน้ำที่ดี ผู้ออกแบบควรทำการศึกษาเกี่ยวกับหม้อไอน้ำให้ถี่ถ้วนในด้านโครงสร้าง, การออกแบบมาตรฐานที่ใช้ และยังมีตัวแปรต่าง ๆ ในการออกแบบอีกมาก ซึ่งอาจมีผลกระทบต่อหม้อไอน้ำที่ออกแบบ แม้ว่าหม้อไอน้ำที่ออกแบบจะผ่านมาตรฐานและปลอดภัยแล้วก็ตาม เช่น ผลของความสิ้นเปลือง เป็นต้น ซึ่งตัวแปรต่าง ๆ เหล่านี้ สามารถศึกษาและค้นคว้าจากตำราหรือประสบการณ์ของผู้ที่มีความรู้ในด้านนี้

โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการออกแบบหม้อไอน้ำนี้ เป็นโปรแกรมที่ใช้มาตรฐาน BSI (British Standard Institution) และเป็นโปรแกรมที่ยืดหยุ่นได้ ขึ้นกับลักษณะการใช้งานและผู้ออกแบบด้วย โดยมีการทำงานดังที่ได้อธิบายไว้แล้ว ซึ่งในการออกแบบหม้อไอน้ำจริง ๆ แล้วจะมีเงื่อนไขต่าง ๆ มากมาย ไม่ว่าจะเป็นทางด้านประสิทธิภาพ ราคา หรือวัสดุที่มีขายในท้องตลาด ซึ่งเงื่อนไขเหล่านี้ทำให้เราต้องทำให้โปรแกรมนี้สามารถยืดหยุ่นได้ เช่น เราอาจใช้โปรแกรมนี้ในส่วนของกรแก้ไขฐานข้อมูลที่มีอยู่แล้ว โดยเราอาจต้องการหม้อไอน้ำที่มีประสิทธิภาพสูงกว่านี้ เราก็เลือกใช้เหล็กที่มีคุณภาพมากกว่าเดิม โดยเฉพาะส่วนของเหล็กที่ใช้ และทำการตรวจสอบซ้ำก็จะได้หม้อไอน้ำที่มีประสิทธิภาพสูงกว่าเดิม โปรแกรมนี้จึงช่วยในความสะดวกและประหยัดเวลามากขึ้น เราจึงมีเวลาเพิ่มขึ้นในการที่จะเลือกออกแบบซ้ำ ๆ เพื่อให้ได้ตามความต้องการหรือให้ได้หม้อไอน้ำที่มีประสิทธิภาพสูงและประหยัดต้นทุนการผลิตด้วย

เนื่องจากการออกแบบหม้อไอน้ำมีความสลับซับซ้อน และต้องมีการตรวจสอบในทุกขั้นตอนการออกแบบเพื่อให้ได้ความปลอดภัยสูงสุดตามมาตรฐานจึงสรุปงานในครั้งนี้ได้ดังนี้

1. ได้ทำการออกแบบหม้อไอน้ำสำเร็จในขนาด 1, 2, 3, 4, และ 5 ตัน และใช้เป็นฐานข้อมูล
2. จากการใช้โปรแกรมที่ได้สร้างไว้สามารถเพิ่มความสะดวกในการออกแบบทำให้ลดเวลาในการออกแบบลง และตรวจสอบความถูกต้องได้อย่างแม่นยำ
3. สามารถใช้โปรแกรม Visual Basic 6.0 ในการสร้างโปรแกรมสำเร็จรูปเพื่อใช้ในการออกแบบหม้อไอน้ำได้
4. โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการออกแบบหม้อไอน้ำนี้ เป็นโปรแกรมที่ใช้มาตรฐาน BSI (British Standard Institution) และเป็น โปรแกรมที่ยืดหยุ่นได้ ขึ้นกับลักษณะการใช้งานและผู้ออกแบบด้วย

บรรณานุกรม

- [1] วิวัฒน์ ภัททิยธนี, “เทคโนโลยีออนไลน์”, กรุงเทพฯ, ซีเอ็ดดูเคชั่น, 2539.
- [2] วิชัย พงศ์ธาราธิกุล, “ผู้ควบคุมหม้อไอน้ำ”, พิมพ์ครั้งที่ 1, 30 พ.ค. 2537.
- [3] ปิยพงษ์ หลักคำ, “Visual Basic 6.0 “, กรุงเทพฯ, อินทิเกรต เพรส, 2541.
- [4] ชาริน สติทธิธรรมชารี, “Visual Basic Version 6.0 “, กรุงเทพฯ, ซีเอ็ดดูเคชั่น, 1986.
- [5] พิเชิต สันติกุลานนท์, “Visual Basic Version 6.0 “, กทมฯ, โปรวิชั่น, 2542.
- [6] British Standards Institution, “Specification for Design and manufacture of shell boilers of welded construction”, London England, 1986.
- [7] Carl D. Shield, “Boilers”.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้