ปัญหาพิเศษ

เรื่อง

โปรแกรมสำหรับการทำนายการสูญเสียความร้อนของฉนวน

(Program for Prediction Heat Loss of Insulations)

จัดทำโดย

นายชัชชวลิต	อัตพุฒ	รหัสนักศึกษา 46041091
นายพิทยา	จำปาทอง	รหัสนักศึกษา 46041104
นายสันติ	อรุณนวล	รหัสนักศึกษา 46041113

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ.ดร. รุจิรา ตาปราบ

ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

21707

ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีการเกษตร พระจอมเกล้าลาดกระบัง

T096925

ใบรับรองปัญหาพิเศษ

เรื่อง

โปรแกรมสำหรับทำนายการสูญเสียความร้อนของฉนวน

(Program for Prediction Heat Loss of Insulation)

ลท
ส352ค
เลขหมู่ 2549
เลขทะเบียน 96925
วัน.เดือน.ปี - 5 JUN 2003
b 11178350
i

จัดทำโดย

นายชชชวลต	อัตพุฒ	รหัสนักศึกษา 46041091
นายพิทยา	จำปาทอง	รหัสนักศึกษา 46041104
นายสันติ	อรุณนวล	รหัสนักศึกษา 46041113

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก

.....ปิยม..... .....14/03/50.....

(:)

อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผู้เรียบเรียง นายชัชชวลิต อัตพุฒ นายพิทยา จำปาทอง นายสันติ อรุณนวล :
เรื่อง โปรแกรมสำหรับทำนายการสูญเสียความร้อนของฉนวน (Program for Prediction Heat Loss of Insulation) สาขาวิชาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร.รุจิรา ตาปราบ

บทคัดย่อ

การศึกษานี้ต้องการพัฒนาโปรแกรมสำเร็จรูปเพื่อใช้สำหรับการคำนวณการสูญเสียความร้อนของฉนวนและทำนายชนิดของฉนวน โดยแบ่งลักษณะของอุปกรณ์ที่หุ้มด้วยฉนวนเป็น 2 ประเภท คือ ทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า (Slab) และรูปทรงกระบอก (Cylinder) โดยในการคำนวณนี้กำหนดให้ฉนวนมีจำนวน 1 ชั้น และอยู่ในสภาวะคงที่ (Steady State) กรณีของทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้าโปรแกรมจะคำนวณค่าการนำความร้อน (k) ความหนาของฉนวน (Δx) ผลต่างอุณหภูมิ (ΔT) และพื้นที่ (A) กรณีของทรงกระบอกสามารถคำนวณค่าการนำความร้อน (k) ความยาวของฉนวน (L) ผลต่างอุณหภูมิ (ΔT) รัศมีภายใน (r_i) และรัศมีภายนอก (r_0) ของอุปกรณ์

โปรแกรมสำเร็จรูปนี้พัฒนามาจากภาษา Basic การใช้งานทำได้ง่าย เนื่องจากโปรแกรมได้อธิบายขั้นตอนการใช้งานไว้ชัดเจน และโปรแกรมน่าจะเป็นประโยชน์กับผู้ประกอบการ

ชัชชวลิต อัตพุฒ .....

พิทยา จำปาทอง .....

สันติ อรุณนวล 14/05/07

ลายมือชื่อนักศึกษา ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา วัน/เดือน/ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การนำเสนอปัญหาพิเศษฉบับนี้ สามารถสำเร็จลุล่วงไปด้วยดีนั้น ผู้จัดทำขอขอบคุณ ผศ.ดร. รุจิรา ตาปราบ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ ที่ช่วยแนะนำแนวทางในการค้นคว้า ตรวจสอบแก้ไขสัมมนาจนสำเร็จสมบูรณ์ ขอขอบคุณอาจารย์ทุกๆท่านที่ให้คำแนะนำต่างๆ ขอบคุณเจ้าหน้าที่บรรณารักษ์ของหอสมุดกลาง และห้องสมุดภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตรของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่เอื้อเฟื้อหนังสือ และเอกสารข้อมูล

ขอขอบคุณคุณพ่อ คุณแม่ ที่คอยให้กำลังใจและกำลังทรัพย์ในการทำปัญหาพิเศษฉบับนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี และขอบคุณเพื่อนๆที่ให้การช่วยเหลือ แนะนำ และเป็นกำลังใจตลอดระยะเวลาในการจัดทำปัญหาพิเศษฉบับนี้

นายชัชชวลิต อัฒพุต , นายพิทยา จำปาทอง , นายสันติ อรุณนวล

16 มีนาคม 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ.....ก

กิตติกรรมประกาศ.....ข

สารบัญ.....ค

สารบัญรูป.....ง

บทที่ 1 บทนำ

บทนำ.....1

วัตถุประสงค์.....1

บทที่ 2 ทฤษฎี

หลักการถ่ายเทความร้อน.....2

การถ่ายเทความร้อนโดยการนำ.....2

หลักการถ่ายเทความร้อนของฉนวนความร้อน.....4

การนำความร้อนผ่านผนังราบ.....5

การนำความร้อนผ่านผนังวัตถุทรงกระบอก.....6

คุณลักษณะของฉนวน.....7

โปรแกรมที่เลือกใช้ในการศึกษา.....11

บทที่ 3 ขั้นตอนและวิธีการศึกษา

การทดลอง..... 13

ขั้นตอนการพัฒนาโปรแกรม.....13

แผนผังการพัฒนาโปรแกรม.....14

บทที่ 4 ผลการทดลอง

ขั้นตอนการใช้งานโปรแกรม.....15

การทดสอบโปรแกรม.....21

การใช้ประโยชน์จากโปรแกรม.....31

สรุปผลการใช้ประโยชน์จากโปรแกรม.....34

สรุปผลการศึกษา.....34

บรรณานุกรม.....35

ภาคผนวก ก.....36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 (ก) แสดงเครื่องหมายของค่า dT/dx สำหรับการนำความร้อน
(ข) แสดงทิศทางการไหลของความร้อน.....3

2.2 การนำความร้อนผ่านผนังราบชั้นเดียว.....5

2.3 การถ่ายเทความร้อนของวัตถุทรงกระบอก.....6

2.4 แสดงการไหลของความร้อนผ่านมวลของฉนวน.....8

2.5 ผลกระทบของความหนาแน่นต่อสภาพนำความร้อนปรากฏของฉนวนน้ำหนักเบา.....10

4.1 หน้าต่างเริ่มโปรแกรม.....15

4.2 หน้าต่างการคำนวณค่าการนำความร้อน.....16

4.3 หน้าต่างฐานข้อมูล.....17

4.4 หน้าต่างการคำนวณ.....18

4.5 หน้าต่างฐานข้อมูล.....19

4.6 การหาค่าการนำความร้อนของฉนวนรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า.....21

4.7 ผลการคำนวณของโปรแกรม.....22

4.8 ฐานข้อมูลที่ได้จากการคำนวณค่าการนำความร้อนของฉนวน.....22

4.9 การหาความหนาของฉนวนรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า.....23

4.10 ผลการคำนวณของโปรแกรม.....23

4.11 การหาค่าการสูญเสียความร้อนของฉนวนรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า.....24

4.12 ผลการคำนวณของโปรแกรม.....24

4.13 การหาค่าผลต่างอุณหภูมิของฉนวนรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า.....25

4.14 ผลการคำนวณของโปรแกรม.....25

4.15 การหาค่าการนำความร้อนของฉนวนรูปทรงกระบอก.....26

4.16 ผลการคำนวณของโปรแกรม.....27

4.17 ฐานข้อมูลที่ได้จากการคำนวณค่าการนำความร้อนของฉนวน.....27

4.18 การหาความหนาของฉนวนรูปทรงกระบอก.....28

4.19 ผลการคำนวณของโปรแกรม.....28

4.20 การหาค่าการสูญเสียความร้อนของฉนวนรูปทรงกระบอก.....29

4.21 ผลการคำนวณของโปรแกรม.....29

4.22 การหาค่าผลต่างอุณหภูมิของฉนวนรูปทรงกระบอก.....30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.23 ผลการคำนวณของโปรแกรม.....30
4.24 ผลการคำนวณของโปรแกรม.....31
4.25 ฐานข้อมูลที่ได้จากการคำนวณค่าการนำความร้อนของฉนวน.....32
4.26 ผลการคำนวณของโปรแกรม.....33
4.27 ฐานข้อมูลที่ได้จากการคำนวณค่าการนำความร้อนของฉนวน.....33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 บทนำ

ฉนวน หมายถึง วัสดุหรือผลิตภัณฑ์ที่ใช้เพื่อลดการถ่ายเทความร้อนผ่านโครงสร้างจากที่หนึ่งไปอีกที่หนึ่งโดยที่อุณหภูมิทั้งสองด้านจะต้องแตกต่างกัน ฉนวนที่ดีจะต้องลดกระแสการพาความร้อนหรือความเย็นได้ ดังนั้นควรจะมีค่าการนำความร้อนน้อยๆ ทำให้ไม่เกิดการสูญเสียความร้อนหรือความเย็นได้มากฉนวนที่นิยมใช้ในปัจจุบันแบ่งตามประเภทของอุตสาหกรรมได้ 4 ประเภท ได้แก่ อุตสาหกรรมอาหารแช่แข็ง, อุตสาหกรรมการขนส่ง, อาคารสิ่งก่อสร้าง และอุตสาหกรรมการผลิต ตัวอย่างเช่นการใช้ฉนวนลดการสูญเสียความร้อนกับอุปกรณ์ต่างๆ ได้แก่ ท่อไอน้ำ ท่อส่งลมเย็นและลมร้อน ถัง ภาชนะบรรจุและ เตา เป็นต้นในอุตสาหกรรมอาหารไม่ว่าจะ เป็นอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับความร้อนหรือความเย็นเช่น อุตสาหกรรมอาหารแช่แข็ง อุตสาหกรรมผลไม้กระป๋อง อุตสาหกรรมนมพาสเจอร์ไรส์ เป็นต้น จำเป็นที่จะต้องมีการใช้ฉนวนกันความร้อน เพื่อช่วยในการลดการสูญเสียพลังงาน โดยเฉพาะพลังงานความร้อน นอกจากนี้การใช้ฉนวนนอกจากจะช่วยลดการสูญเสียพลังงานให้น้อยลงแล้ว ยังช่วยลดในเรื่องของความเสียหายต่ออุปกรณ์ต่างๆ รวมถึงค่าใช้จ่ายของโรงงานให้น้อยลงอีกด้วยดังนั้นฉนวนจึงมีประโยชน์และมีบทบาทสำคัญในอุตสาหกรรมต่างๆเป็นอย่างยิ่ง การศึกษาถึงบทบาทของฉนวนต่อการสูญเสียความร้อนของกระบวนการจึงเป็นประโยชน์สำหรับผู้ประกอบการหรือบุคคลทั่วไปที่ต้องการตรวจสอบการสูญเสียความร้อนของฉนวนจากกระบวนการต่อไป

วัตถุประสงค์

1. เพื่อสร้างโปรแกรมสำเร็จรูปสำหรับทำนายการสูญเสียความร้อนของฉนวนชนิดต่างๆ
2. เพื่อใช้สำหรับการตรวจสอบการสูญเสียความร้อนของกระบวนการต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎี

2.1 หลักการถ่ายเทความร้อน

2.1.1 การถ่ายเทความร้อนโดยการนำ (Conduction Heat Transfer)

การถ่ายเทความร้อนโดยการนำหรือการนำความร้อน เป็นการถ่ายเทความร้อนเพียงวิธีเดียวที่เกิดขึ้นในวัตถุที่เป็นตัวกลางทึบแสงเมื่อมีความลาดชันของอุณหภูมิเกิดขึ้นในวัตถุก้อนนั้น อัตราการถ่ายเทความร้อนโดยการนำซึ่งใช้ q_k เป็นสัญลักษณ์นี้จะเป็นสัดส่วนกับ dT/dx ซึ่งเป็นค่าความลาดชันของอุณหภูมิคูณกับพื้นที่ A ที่ความร้อนไหลผ่าน (รูปที่ 2.1 ค) ถ้าหากเขียนเป็นสมการแล้วจะได้รูปสมการเป็น

$$q_k \propto A.dT/dx \qquad (1)$$

เมื่อ q_k = อัตราการถ่ายเทความร้อนโดยการนำหรือการนำความร้อน

A = พื้นที่ที่ความร้อนไหลผ่าน

T = อุณหภูมิ

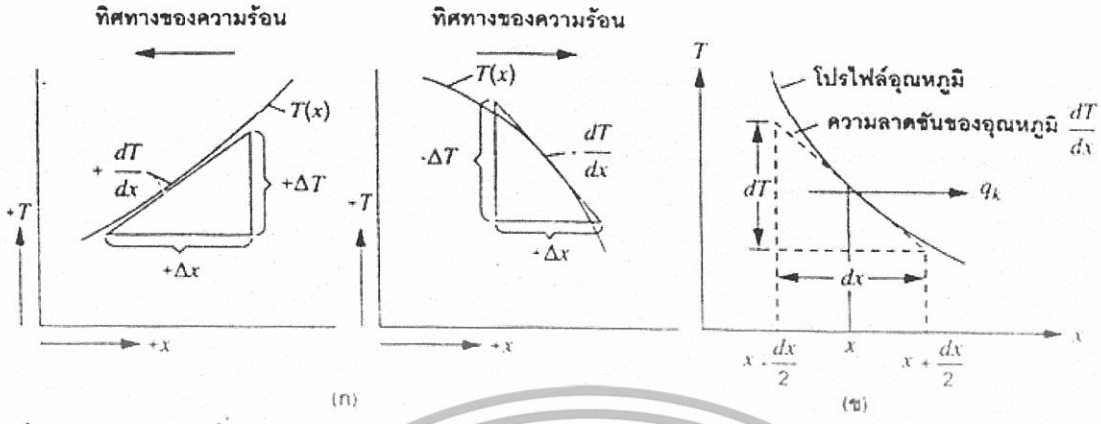
x = ระยะทางการเคลื่อนที่ของความร้อน

สำหรับอัตราการถ่ายเทความร้อนจริงนั้นจะขึ้นอยู่กับค่าการนำความร้อน (thermal conductivity),k ซึ่งเป็นคุณสมบัติทางฟิสิกส์ของตัวกลางที่ความร้อนเคลื่อนที่ผ่าน ดังนั้นอัตราการนำความร้อนจึงมีค่าเป็น

$$q_k = -kAdT/dx \qquad (2)$$

สมการ (2) นี้มีชื่อเรียกว่า กฎการนำความร้อนของฟูเรียร์ (Fourier's law of conduction) เครื่องหมายลบที่อยู่ทางด้านขวามือของสมการเป็นผลที่เนื่องมาจากกฎข้อที่สองของเทอร์โมไดนามิกส์ ซึ่งกำหนดไว้ว่า ความร้อนจะต้องไหลจากจุดที่มีอุณหภูมิสูงไปยังจุดที่มีอุณหภูมิต่ำ แต่เนื่องจากความลาดชันของอุณหภูมิที่อยู่ในรูปที่ 2.1ข นั้นมีเครื่องหมายเป็นลบ ทั้งนี้เพราะอุณหภูมิจะลดน้อยลงเมื่อระยะทาง x เพิ่มมากขึ้น ดังนั้น ถ้าหากต้องการให้อัตราการถ่ายเทความร้อนมีค่าเป็นบวกเมื่อไหลไปในทิศทางที่เป็นบวกแล้ว ก็จะต้องเติมเครื่องหมายลบไว้ทางด้านขวาของสมการ (2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 (ก) แสดงเครื่องหมายของค่า dT/dx สำหรับการนำความร้อน
(ข) แสดงทิศทางการไหลของความร้อน

สมการ (2) เป็นสมการที่ใช้สำหรับนิยามความหมายของค่าการนำความร้อน k สำหรับตัวแปรต่างๆ ที่อยู่ในระบบเอสไอนั้น พื้นที่ A จะมีหน่วยเป็น m^2, อัตราการถ่ายเทความร้อน q_k มีหน่วยเป็น Watt ส่วนค่าการนำความร้อน k จะมีหน่วยเป็น W/m.K วัตถุเป็นจำนวนมากที่มีค่าการนำความร้อน k ไม่คงที่ แต่จะแปรค่าไปตามอุณหภูมิ และมีหลายกรณีที่สามารถประเมินว่าค่าการนำความร้อน k นี้แปรค่าเป็นเส้นตรงกับอุณหภูมิ นั่นก็คือ

$$k = k_0 (1+\beta T) \qquad (3)$$

เมื่อ k = ค่าการนำความร้อนที่อุณหภูมิ T ใดๆ
k_0 = ค่าการนำความร้อนของอุณหภูมิที่อ้างอิงถึง
β = ค่าคงที่จากการทดลอง
T = อุณหภูมิใดๆ

เมื่อแทนค่า $k = k_0 (1+\beta T)$]ลงในสมการ (2) แล้วทำการอินทริเกต จะได้อัตราการถ่ายเทความร้อนเป็น

$$q_k = k_0 A [(T_1-T_2)/L + \beta/2(T_1^2-T_2^2)] \qquad (4) \quad \text{หรือ} \quad q_k = k_m A(T_1 - T_2)/L \qquad (5)$$

เมื่อ k_m = ค่าการนำความร้อนที่อุณหภูมิเฉลี่ย $(T_1+ T_2)/2$

ค่าการนำความร้อน (Thermal Conductivity), k

ค่าการนำความร้อนเป็นคุณสมบัติอย่างหนึ่งของวัตถุ ให้ความหมายด้วยสมการ (2) ค่าการนำความร้อนที่อุณหภูมิต่ำๆ ของแก๊สนั้นไม่สามารถหาได้จากการวิเคราะห์ ดังนั้น ข้อมูลเกี่ยวกับการนำความร้อนส่วนใหญ่ของวัตถุจึงได้มาจากการวัดและการทดสอบ โดยทั่วไปแล้วค่าการนำความร้อนของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

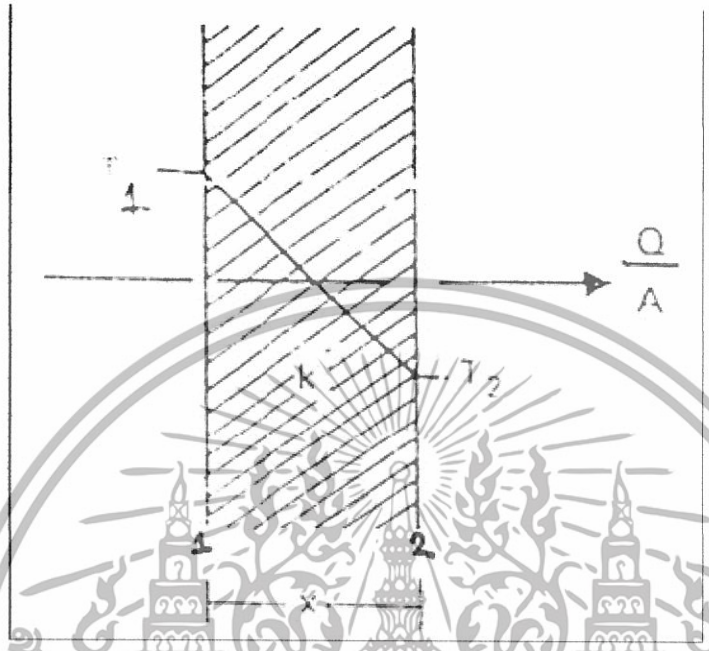
วัตถุจะแปรค่าไปตามอุณหภูมิ แต่การใช้งานส่วนใหญ่จะใช้ค่าการนำความร้อนคงที่ที่หาจากอุณหภูมิเฉลี่ย ซึ่งก็ให้ผลเป็นที่น่าพอใจ

2.1.2 หลักการถ่ายเทความร้อนของฉนวนความร้อน

การถ่ายเทความร้อน โดยธรรมชาติจะเคลื่อนที่จากบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงไปยังบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำ เช่นเดียวกับน้ำที่ไหลจากที่สูงไปยังที่ต่ำ วิธีการถ่ายเทความร้อนแบ่งออกเป็น 3 วิธีหลักๆ คือ การนำความร้อน(Conduction) การพาความร้อน (Convection) และการแผ่รังสีความร้อน (Thermal radiation) การนำความร้อน คือปรากฏการณ์ที่พลังงานความร้อนถ่ายเทภายในวัตถุหนึ่งๆ หรือระหว่างวัตถุที่สัมผัสกันส่วนการพาความร้อน คือปรากฏการณ์ที่พลังงานความร้อนถ่ายเทพลังงานโดยอาศัยการเคลื่อนที่ของมวลสารของของไหล หรือก๊าซ ที่มีพลังงานบรรจุอยู่จากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง สำหรับการแผ่รังสีความร้อน คือ การถ่ายเทความร้อนโดยอาศัยสเปคตรัมการแผ่รังสี คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่เปล่งออกมาจากพื้นผิวของวัตถุที่ถูกกระตุ้นทางความร้อน รังสีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้านี้ (ซึ่งรวมแสงที่ตามองเห็น คลื่นวิทยุและรังสีเอ็กซ์) จะกระจายออกทุกทิศทุกทาง และเมื่อรังสีนี้ไปกระทบอีกวัตถุหนึ่ง บางส่วนอาจสะท้อนกลับ บางส่วนอาจส่งผ่านทะลุไป และบางส่วนอาจถูกดูดกลืนไว้ ถ้ารังสีที่ตกกระทบคือ รังสีความร้อน รังสีที่ถูกดูดกลืนไว้จะปรากฏเป็นความร้อนภายในวัตถุที่ดูดกลืนรังสีนั้นไว้ จากคำจำกัดความข้างต้น จะเห็นว่าการนำความร้อนและการพาความร้อนต้องมีตัวกลางในการส่งถ่ายเทพลังงาน ขณะที่การแผ่รังสีความร้อนไม่จำเป็นต้องมี และในความเป็นจริงหากมีสิ่งใดมากั้นกลางระหว่างวัตถุ 2 ชิ้นนั้นก็จะเป็นอุปสรรคต่อการแผ่รังสีของวัตถุทั้ง 2 นั้น ตัวอย่างการแผ่รังสีความร้อนที่พบเห็นได้ง่ายคือ การแผ่รังสีความร้อนของดวงอาทิตย์ที่นำความอบอุ่นมาสู่โลก โดยความร้อนของดวงอาทิตย์สามารถส่งผ่านมายังผิวโลกได้ โดยผ่านบริเวณที่ไม่มีอะไรเลยแม้แต่อากาศที่เรียกว่า ภาวะสุญญากาศ เป็นระยะทางถึง 150 ล้านกิโลเมตร (93 ล้านไมล์)อย่างไรก็ตาม ในความเป็นจริง การถ่ายเทความร้อนมักไม่ปรากฏว่าเป็นวิธีใดวิธีหนึ่งโดยเฉพาะแต่จะเป็นรูปแบบผสมของวิธีดังกล่าวข้างต้นรวมกัน เพียงแต่รูปแบบไหนจะสำคัญมากกว่าเป็นกรณีๆไปเท่านั้น ในที่นี้จะขอศึกษาถึงเฉพาะการนำความร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3 การนำความร้อนผ่านผนังราบ (Conduction in Slab)



รูปที่ 2.2 การนำความร้อนผ่านผนังราบชั้นเดียว

จากการ integrate สมการ $q = -kA(dT/dx)$

จะได้ $q = -kA(T_2 - T_1)/\Delta x$ (6)

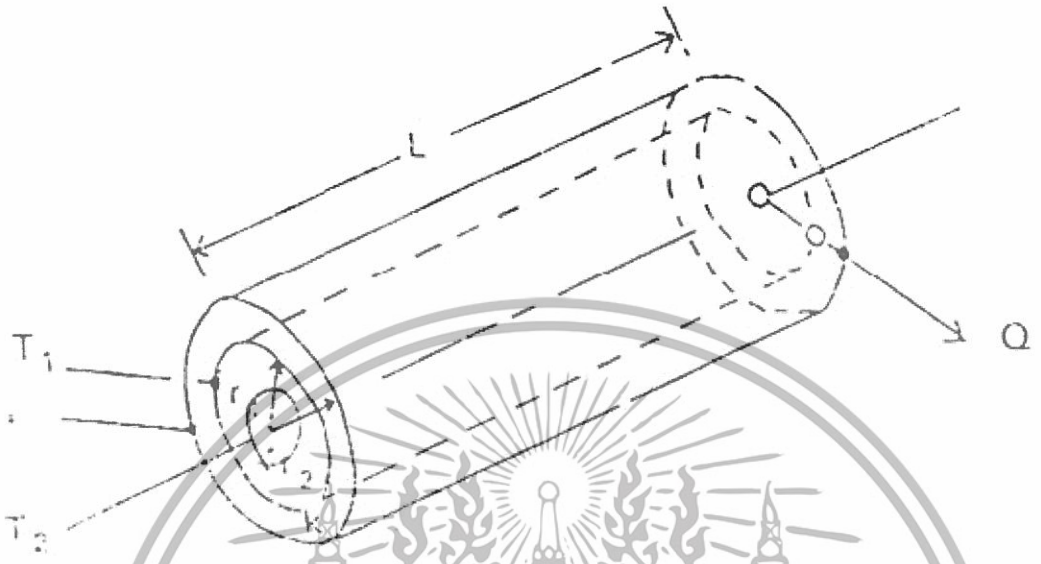
ถ้า $T_1 > T_2$, เมื่อ q = อัตราการถ่ายเทความร้อน (W)

T_1 และ T_2 คืออุณหภูมิที่จุด 1 และ 2 ตามลำดับ

Δx คือ ความหนาของผนัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.4 การนำความร้อนผ่านผนังวัตถุทรงกระบอก (Conduction in Cylinder)



รูปที่ 2.3 การถ่ายเทความร้อนของวัตถุทรงกระบอก

จากสมการ $q = -kA(dT/dr)$, $A = 2\pi rL$ (7)

$q = -k2\pi rL(dT/dr)$ (8)

จากการ integrate สมการ $q = -k2\pi rL(dT/dr)$

จะได้ $q = (T_1-T_2)/ \ln (r_2/r_1)/ 2\pi Lk$ (9)

แต่ $\ln (r_2/r_1)/ 2\pi Lk = R_{th}$

จะได้ว่า $q = (T_1-T_2)/R_{th}$ (10)

เมื่อ T_1 = อุณหภูมิที่ผิวด้านในวัตถุ

T_2 = อุณหภูมิที่ผิวด้านนอกวัตถุ

r_1 = รัศมีภายในวัตถุ

r_2 = รัศมีภายนอกวัตถุ

L = ความยาวของวัตถุ

R_{th} = ความต้านทานความร้อน

$q_r = k A_{lm} (T_1- T_2)/ (r_2- r_1)$ (11)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ $$A_{lm} = (r_2 - r_1)2\pi L/\ln(r_2/r_1) \quad (12)$$

โดยที่ q_r = การนำความร้อนในแนวรัศมีผ่านผนังวัตถุทรงกระบอก

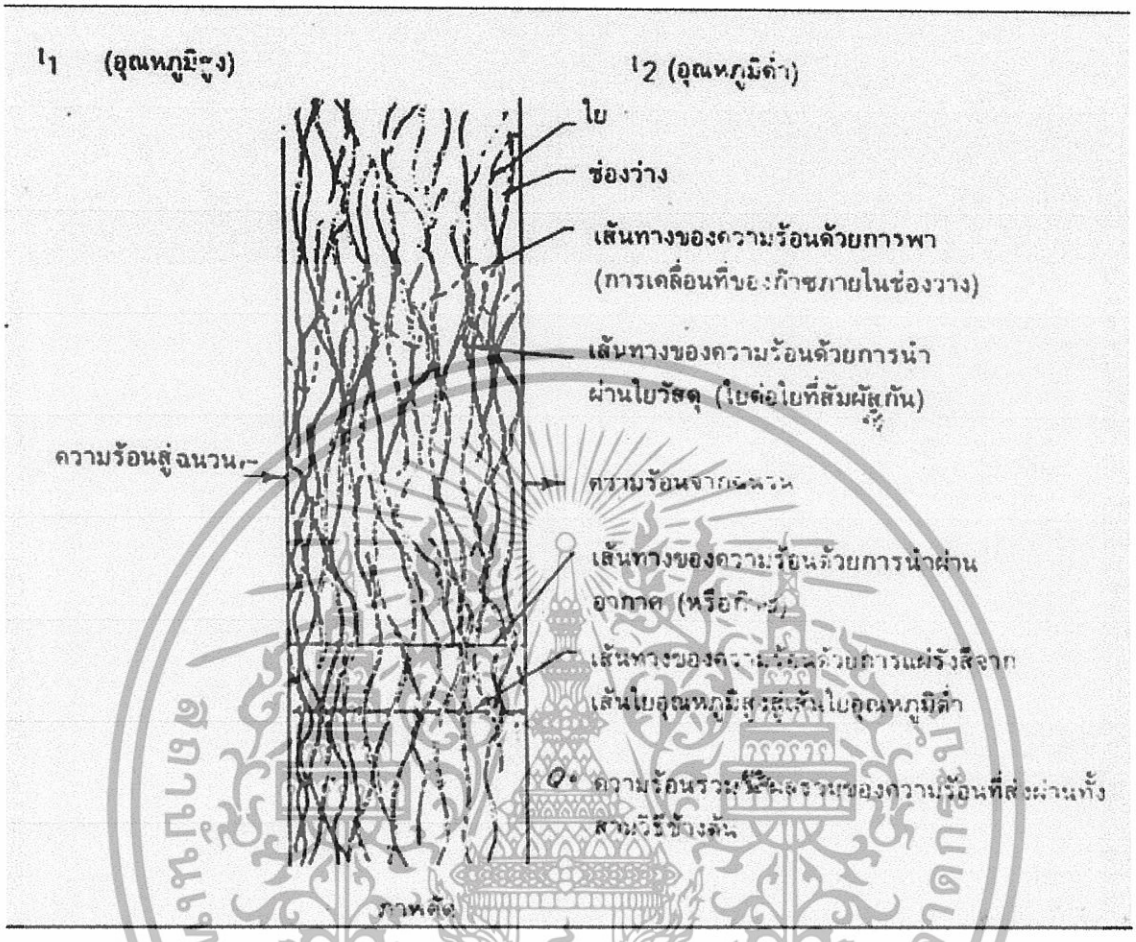
A_{lm} = ค่าเฉลี่ยของพื้นที่รูปทรงกระบอก

2.2 คุณลักษณะของฉนวน

จุดมุ่งหมายในการติดตั้งฉนวนความร้อน คือต้องการเก็บรักษาพลังงานไม่ให้มีการถ่ายเทออกไปหรือเข้ามาภายในบริเวณที่ต้องการ นั่นคือฉนวนความร้อนต้องยับยั้งหรือขัดขวางการถ่ายเทความร้อนให้เกิดขึ้นน้อยที่สุด อย่างไรก็ตามเนื่องจากการถ่ายเทความร้อนสามารถเกิดขึ้นทั้งสามรูปแบบ ถึงแม้ว่าโดยปกติมักจะพิจารณาว่าฉนวนโดยส่วนใหญ่มีลักษณะรูปร่างเป็นของแข็ง และคาดว่าฉนวนจะถ่ายเทความร้อนด้วยการนำความร้อน และดังนั้นกำหนดคุณสมบัติของฉนวนด้วยสภาพนำความร้อน ซึ่งในความเป็นจริง กลไกการถ่ายเทความร้อนในฉนวนไม่ได้เกิดขึ้นเฉพาะการนำความร้อนเท่านั้น การพาความร้อนและการแผ่รังสีก็เกิดขึ้นด้วย ฉะนั้นจึงมักใช้คำว่า "สภาพนำความร้อนปรากฏ" (Arrarantthermal conductivity) แทน

พิจารณากลไกการถ่ายเทความร้อนภายในฉนวนตามรูปที่ 2.4 จากรูปผิวทางด้านซ้ายมือของฉนวนมีอุณหภูมิสูงกว่าทางด้านขวามือ ฉะนั้นการถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้นจะมีความร้อนไหลจากผิวทางซ้ายมือไปทางขวา ซึ่งความร้อนที่ไหลผ่านฉนวนที่บรรจุเต็มไปด้วยช่องอากาศหรือก๊าซจากการฟอร์มตัวขึ้นตามสภาพเส้นใย หรือเซลล์ของวัสดุฉนวนจะมีอัตราการไหลที่ช้าลง โดยช่องอากาศหรือก๊าซเหล่านี้หาก มีขนาดที่เล็กอย่างพอเหมาะจะทำให้การถ่ายเทความร้อนด้วยการพาจากด้านหนึ่งของเซลล์สู่อีกด้านหนึ่งมีปริมาณน้อยลง และทำให้เส้นทางการถ่ายเทความร้อนด้วยการนำผ่านส่วนที่เป็นของแข็งต้องเป็นเส้นทางที่ยาวและคดเคี้ยวเพื่อจำกัดการนำความร้อน และวัสดุส่วนที่เป็นของแข็งควรต้องเป็นวัสดุทึบอย่างเพียงพอด้วย (หรือมีผิวสะท้อนรังสี) เพื่อลดการถ่ายเทความร้อนจากการแผ่รังสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 แสดงการไหลของความร้อนผ่านมวลของฉนวน

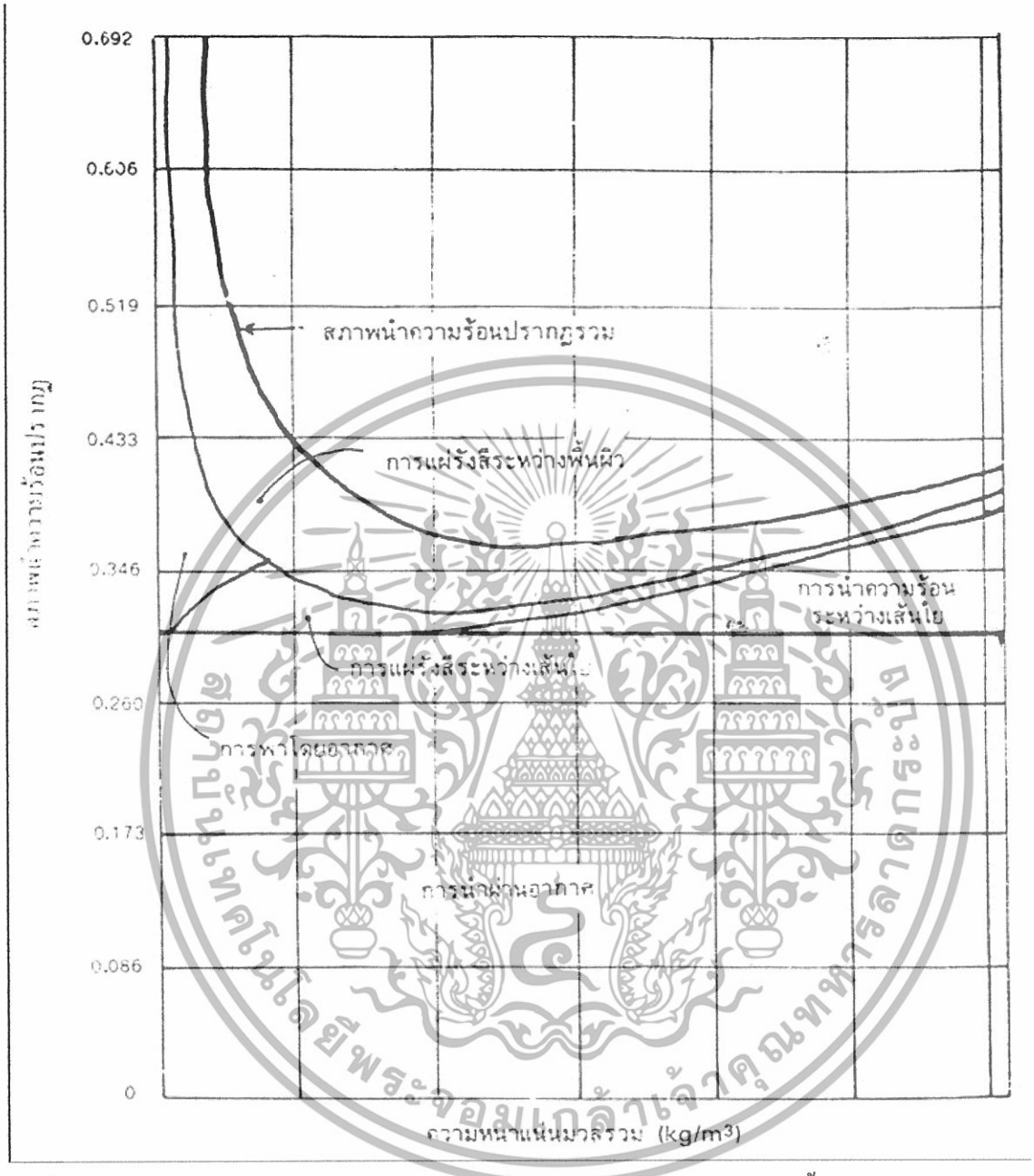
รูปที่ 2.5 แสดงตัวอย่างของการถ่ายเทความร้อนผ่านวัสดุฉนวนที่เป็นเส้นใย มีความหนา 25.4 mm. ในรูปแสดงให้เห็นถึงผลของสภาพนำความร้อนปรากฏที่เปลี่ยนแปลงตามความหนาแน่นของฉนวน จะเห็นว่าในสภาพที่ไม่มีฉนวนหุ้ม (ที่จุดศูนย์) สภาพนำความร้อนปรากฏรวม ตามแนวแกนตั้งจะมีค่ามากและเมื่อหุ้มฉนวนที่มีความหนาแน่นน้อยๆ สภาพนำความร้อนปรากฏรวมก็ยังคงมีค่ามากอยู่จนกระทั่งถึงจุดที่ความหนาแน่นค่าหนึ่ง ประมาณ 7 kg/m^3 สภาพนำความร้อนปรากฏจะเริ่มลดลง สาเหตุหลักที่สภาพนำความร้อนปรากฏลดลงก็เนื่องจากการพาความร้อนของอากาศภายในฉนวนลดลงจากการชิดกันเข้ามาของเส้นใยหรือเซลล์ของฉนวน ถึงแม้ว่าจะมีบางส่วนถูกแทนที่ด้วยการแผ่รังสีความร้อนระหว่างเส้นใยแต่ละเส้นภายในตัวฉนวนเอง สำหรับการแผ่รังสีระหว่างเส้นใยคู่เส้นใยฉนวน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกิดขึ้นเนื่องจากเส้นใยแต่ละเส้นอันก่อนหน้าตามทิศทางการไหลของความร้อนจะมีอุณหภูมิสูงกว่าเส้นใยถัดมาเล็กน้อย แต่เมื่อเส้นใยชิดกันเข้ามา (ความหนาแน่นฉนวนมากขึ้น) การแผ่รังสีในลักษณะนี้จะลดลงจากผลที่อุณหภูมิของเส้นใยที่ติดกันมีค่าใกล้เคียงกัน พิจารณาการพาความร้อนของอากาศจะเห็นว่าที่ความหนาแน่นของฉนวนประมาณ 12.8 kg/m^3 การพาความร้อนจะไม่เกิดขึ้น เมื่อเส้นใยของฉนวนชิดกันจนอากาศภายในฉนวนหยุดการเคลื่อนที่ คงเหลือไว้แต่การนำความร้อนของอากาศในฉนวนเท่านั้น

เมื่อความหนาแน่นของฉนวนยังคงเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ การแผ่รังสีระหว่างเส้นใยสู่เส้นใย และการแผ่รังสีระหว่างพื้นผิวสู่พื้นผิวลดลง จึงทำให้สภาพนำความร้อนปรากฏลดลงด้วย จนกระทั่งเมื่อเส้นใยของฉนวนต่อเชื่อมกัน การนำความร้อนภายในฉนวนเริ่มปรากฏ และเมื่อถึงจุดที่การแผ่รังสีที่ลดลงมีค่าน้อยกว่าการนำความร้อนที่เพิ่มขึ้น จากผลของเส้นใยที่ชิดกันมากขึ้น สภาพนำความร้อนปรากฏจึงเริ่มเพิ่มขึ้น ฉะนั้นก่อนที่การนำความร้อนระหว่างเส้นใยจะเพิ่มความสำคัญขึ้น สภาพนำความร้อนปรากฏรวมจะมีค่าน้อยที่สุด ลักษณะการถ่ายเทความร้อนดังกล่าวนี้เป็นลักษณะที่เกิดขึ้นกับวัสดุฉนวนโดยมากที่เรียกว่าฉนวนแบบมวล (Mass insulation) ซึ่งฉนวนที่ดีควรเป็นฉนวนที่มีสภาพนำความร้อนปรากฏรวมมีค่าน้อยที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 ผลกระทบของความหนาแน่นต่อสภาพนำความร้อนปรากฏของฉนวนน้ำหนักเบา
(อุณหภูมิด้านร้อน 38^{0}C ด้านเย็น 10^{0}C เป็นฉนวนใยแก้วหนา 2.54 cm.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. โปรแกรมที่เลือกใช้ในการศึกษา

โปรแกรมที่เลือกใช้ในการศึกษานี้คือ Visual Basic เวอร์ชั่น 6.0 ซึ่งโปรแกรมนี้เป็นภาษาคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาโดยบริษัทไมโครซอฟท์ ซึ่งเป็นบริษัทที่สร้างระบบปฏิบัติการ Window Vista XP 95/98 และ Window NT ที่เราใช้กันอยู่ในปัจจุบัน โดยตัวภาษาเองมีรากฐานมาจากภาษา Basic ซึ่งย่อมาจาก Beginner's All Purpose Symbolic Instruction ถ้าแปลให้ได้ความหมายก็คือ 'ชุดคำสั่งหรือภาษาคอมพิวเตอร์สำหรับผู้เริ่มต้น' ภาษา Basic มีจุดเด่นคือผู้ที่ไม่มีพื้นฐานเรื่องการเขียนโปรแกรมเลยก็สามารถเรียนรู้และนำไปใช้งานได้อย่างง่ายได้และรวดเร็ว เมื่อเทียบกับการเรียนภาษาคอมพิวเตอร์อื่นๆ เช่น ภาษาซี (C) ,ปาสคาล (Pascal),ฟอร์แทรน (Fortran), หรือแอสเซมบลี (Assembler)

Visual Basic เวอร์ชันแรกคือเวอร์ชัน 1.0 ออกสู่สายตาประชาชนตั้งแต่ปี 1991 โดยในช่วงแรกนั้นยังไม่มีความต่างจากภาษา QBASIC มากนัก แต่จะเน้นเรื่องเครื่องมือที่ช่วยในการเขียนโปรแกรมวินโดว์ ซึ่งปรากฏว่า Visual Basic ได้รับความนิยมและประสพผลสำเร็จเป็นอย่างดี ไมโครซอฟท์จึงพัฒนา Visual Basic ให้ดีขึ้นเรื่อยๆ ทั้งในด้านประสิทธิภาพ ความสามารถและเครื่องมือต่างๆ เช่น เครื่องมือตรวจจอบแก้ไขโปรแกรม (debugger) สภาพแวดล้อมของการพัฒนาโปรแกรม การเขียนโปรแกรมแบบหลายวินโดว์ย่อย (MDI) และอื่นๆอีกมากมาย

สำหรับ Visual Basic ในปัจจุบันคือ เวอร์ชั่น 6.0 ซึ่งออกมาในปี 1998 ได้เพิ่มความสามารถในการเขียนโปรแกรมติดต่อกับเครือข่ายอินเตอร์เน็ต การเชื่อมต่อกับระบบฐานข้อมูล รวมทั้งปรับปรุงเครื่องมือการเขียนโปรแกรมเชิงวัตถุ (Object Oriented Programming) ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้นพร้อมทั้งเพิ่มเครื่องมือต่างๆมากมายที่ทำให้ใช้ง่ายและสะดวกมากขึ้นกว่าเดิม

สาเหตุที่เลือกใช้โปรแกรม Visual Basic ในการคำนวณเนื่องจากมีข้อดีดังนี้

1. ง่ายต่อการเรียนรู้เหมาะสำหรับผู้เริ่มต้น ทั้งในเรื่องไวยกรณ์ของภาษาเอง และเครื่องมือการใช้งาน ดังชื่อที่บอกอยู่แล้วว่า Basic ซึ่งเหมาะกับผู้เริ่มต้น
2. ความนิยมของตัวภาษา โดยอาจกล่าวได้ว่าภาษา Basic นั้นเป็นภาษาที่มีคนเรียนรู้ และใช้งานมากที่สุดในประวัติศาสตร์ของคอมพิวเตอร์
3. การพัฒนาอย่างต่อเนื่อง การปรับปรุงประสิทธิภาพในด้านของภาและความเร็วของการประมวล และในเรื่องของความสามารถใหม่ๆเช่น การติดต่อกับระบบฐานข้อมูล การเชื่อมต่อกับเครือข่ายอินเตอร์เน็ต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ผู้พัฒนาสำคัญของ Visual Basic คือบริษัทไมโครซอฟท์ซึ่งจัดว่าเป็นยักษ์ใหญ่ ของวงการคอมพิวเตอร์ในปัจจุบัน เราจึงสามารถมั่นใจได้ว่า Visual Basic จะยังมีการพัฒนา ปรับปรุง และคงอยู่อีกนาน

โปรแกรมที่เขียนขึ้นมานี้ การคำนวณค่าต่างๆในโปรแกรม สมมติให้อยู่ในสภาวะคงที่ (Steady-State Heat Transfer) และสามารถใช้ได้กับฉนวนที่มีรูปร่างเป็น ผนัง (slab) 1 ชั้น กับทรงกระบอก (cylinder) 1 ชั้น เท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
ขั้นตอนและวิธีการศึกษา

การทดลอง

1. เก็บข้อมูลของฉนวนต่างๆจากผู้ผลิต โดยข้อมูลจะประกอบไปด้วย ชื่อทางการค้าของฉนวน วัสดุที่ใช้ทำฉนวน ค่าการนำความร้อนของฉนวน (k) และคุณสมบัติอื่นๆ
2. จัดทำฐานข้อมูล
3. การพัฒนาโปรแกรมโดยใช้ Visual Basic ในการพัฒนา

ขั้นตอนการพัฒนาโปรแกรม

1. กำหนดวัตถุประสงค์ของโปรแกรม

เพื่อสร้างโปรแกรมสำเร็จรูปสำหรับทำนายการสูญเสียความร้อนของฉนวนและใช้สำหรับการตรวจสอบการสูญเสียความร้อนของกระบวนการต่างๆ

2. ออกแบบและกำหนดคุณสมบัติของโปรแกรม
   - ทำการออกแบบหน้าจอของโปรแกรม โดยจะมีในส่วนของหน้าจอที่ใช้เลือกรูปแบบการคำนวณ หน้าจอสำหรับการคำนวณ และหน้าจอการแสดงฐานข้อมูล
   - กำหนดข้อมูลนำเข้าและรูปแบบของผลลัพธ์
   - กำหนดคุณสมบัติของตัวแปรที่ใช้ในโปรแกรม
   - กำหนดวิธีการประมวลผลของโปรแกรม
3. การเขียนโปรแกรม

ทำการเขียนโปรแกรมให้สามารถคำนวณ ค่าการนำความร้อน (k), ความหนาของฉนวน (Δx), ผลต่างอุณหภูมิ (Δt) และ พื้นที่ถ่ายเทความร้อน (A) รวมทั้งลักษณะของอุปกรณ์ที่หุ้มฉนวนแบบทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า (Slab) และรูปทรงกระบอก (Cylinder)

4. ทดสอบและแก้ไขข้อผิดพลาดของโปรแกรม

ใช้ชุดข้อมูลทดสอบทำการทดสอบความถูกต้องของโปรแกรม และแก้ไขข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นโดยจะใช้ชุดทดสอบโปรแกรม 2 ชุด

5. จัดทำเอกสารการใช้งานโปรแกรม

จัดทำคู่มือผู้ใช้เพื่อแนะนำการใช้งานโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. จัดทำโปรแกรมให้อยู่ในรูปแบบที่พร้อมใช้งาน

จัดทำตัวติดตั้งโปรแกรมโดยในตัวติดตั้งจะมีโปรแกรม ฐานข้อมูล และคู่มือการใช้งาน เพื่อสะดวกกับการใช้งาน

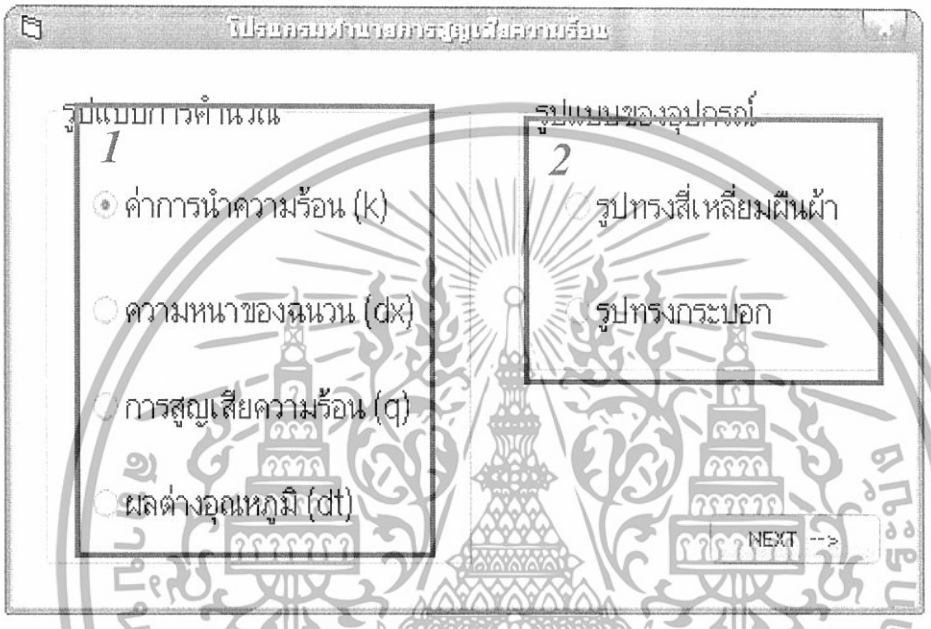
แผนผังการพัฒนาโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการศึกษาและการทดลอง

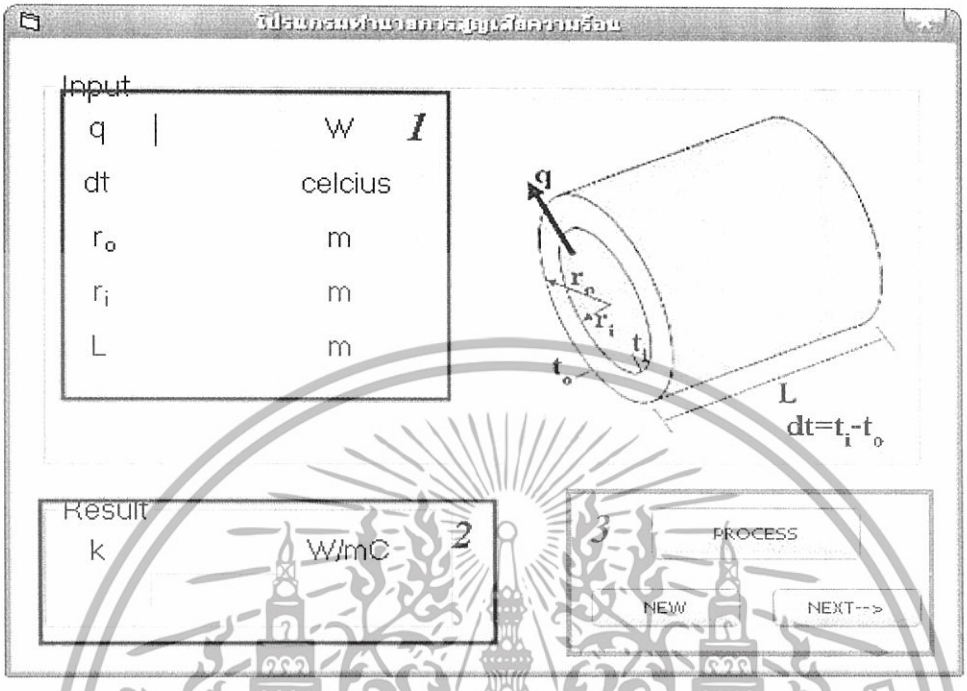
4.1 ขั้นตอนการใช้งานโปรแกรม



รูปที่ 4.1 หน้าต่างเริ่มโปรแกรม

1. ในช่องที่ 1 เลือกรูปแบบการคำนวณแบ่งเป็น 4 รูปแบบ ดังนี้ ค่าการนำความร้อน ความหนาของฉนวน การสูญเสียความร้อน และผลต่างของอุณหภูมิ
2. ในช่องที่ 2 เลือกรูปแบบของอุปกรณ์
3. กด next เพื่อเข้าสู่หน้าต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



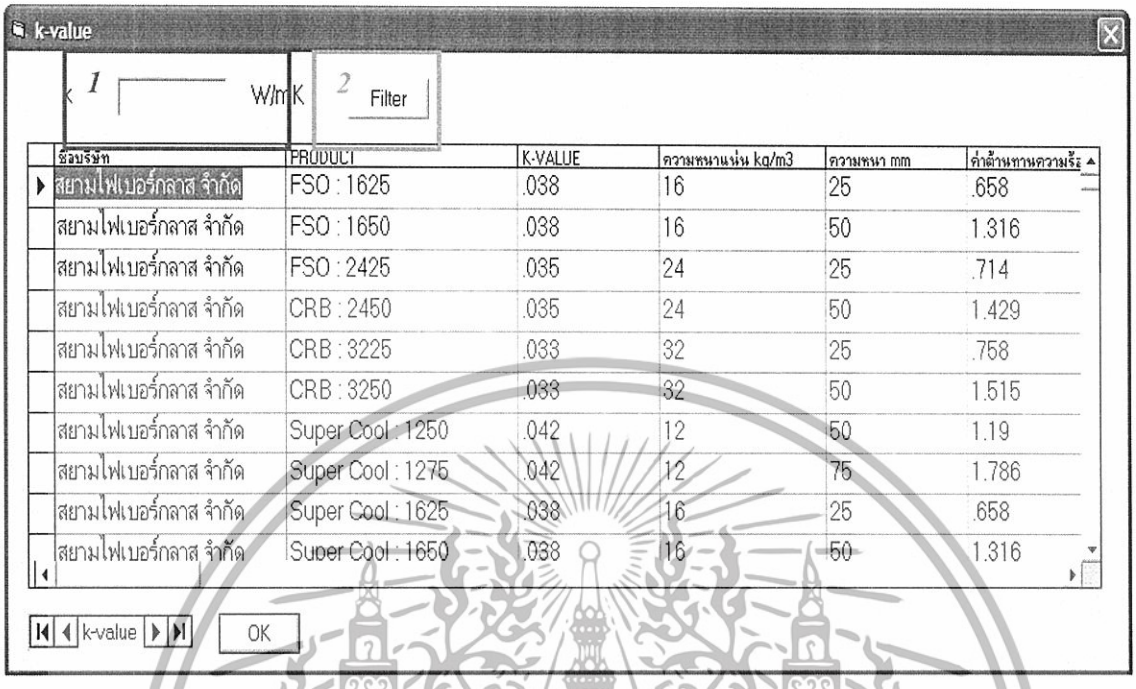
รูปที่ 4.2 หน้าต่างการคำนวณค่าการนำความร้อน

การคำนวณค่าการนำความร้อน

1. ในช่องที่ 1 ทำการป้อนค่าของตัวแปรต่างๆ
2. กด process ในช่องที่ 3 เพื่อทำการคำนวณ
3. ในช่องที่ 2 จะแสดงผลลัพธ์ของการคำนวณ
4. กด next เพื่อเข้าสู่หน้าฐานข้อมูล

หมายเหตุ ในกรณีที่เลือกแบบผนังราบ 1 ชั้น ดำเนินการวิธีเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



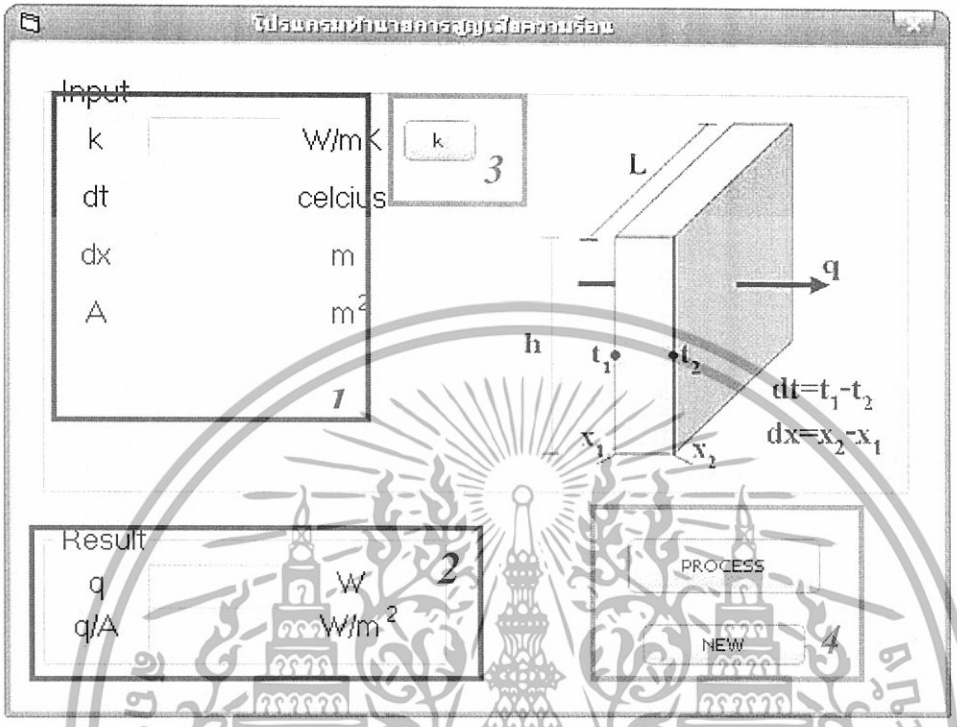
รูปที่ 4.3 หน้าต่างฐานข้อมูล

5. ในช่องที่ 1 จะแสดงผลลัพธ์ของการคำนวณจากหน้าการคำนวณ
6. กด filter ในช่องที่ 2 เพื่อแสดงค่าการนำความร้อนที่ต้องการ
7. กด OK เพื่อกลับไปหน้าการคำนวณ

96925

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณความหนาของฉนวน การสูญเสียความร้อน และผลต่างของอุณหภูมิ

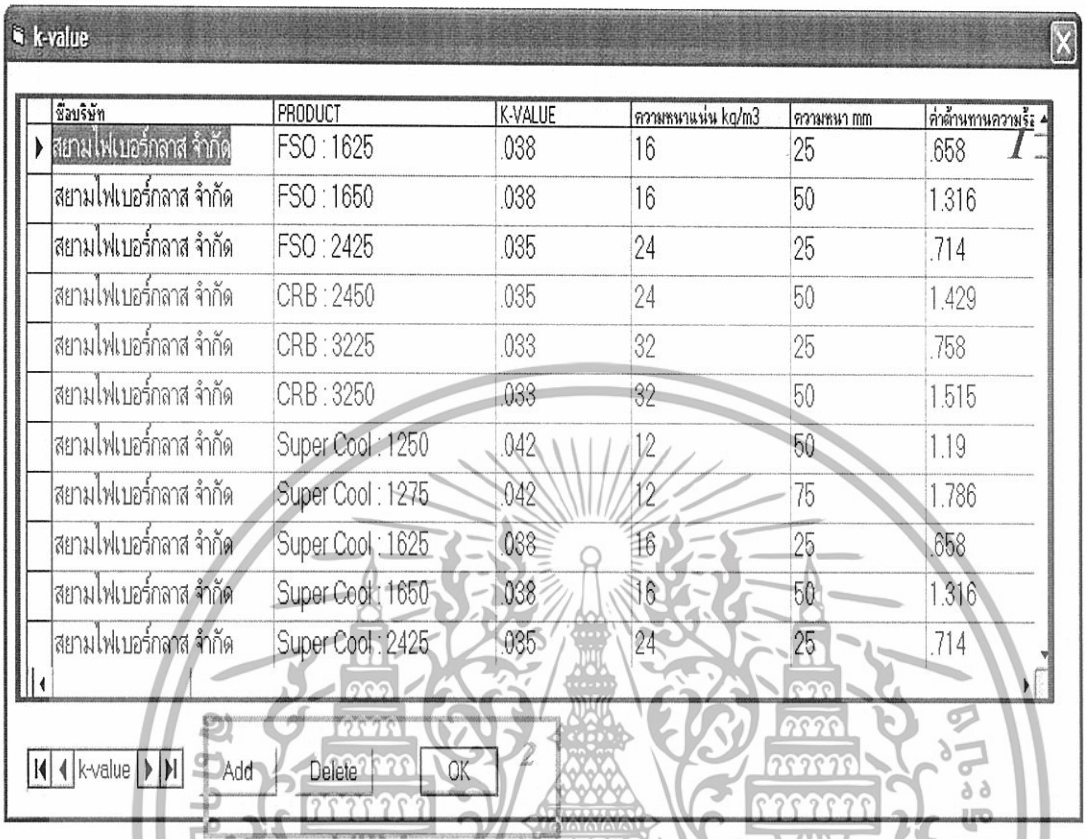


รูปที่ 4.4 หน้าต่างการคำนวณ

1. ในช่องที่ 1 ทำการป้อนค่าของตัวแปรต่างๆ และเลือกค่าการนำความร้อนจากฐานข้อมูลโดยกด k ในช่องที่ 3

หมายเหตุ ในกรณีที่เลือกแบบทรงกระบอก 1 ชั้น ดำเนินการวิธีเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 หน้าต่างฐานข้อมูล

1.1 ในช่องที่ 1 จะแสดงฐานข้อมูลที่มี

1.2 เลือกข้อมูลที่ต้องการ

1.3 กด ok ในช่องที่/2 เพื่อกลับไปหน้าการคำนวณ

ปุ่ม Add ในช่องที่ 2 จะใช้เพิ่มข้อมูลลงในฐานข้อมูล

ปุ่ม Delete ในช่องที่ 2 จะใช้ลบข้อมูลในฐานข้อมูล

2. กด process ในช่องที่ 3 เพื่อทำการคำนวณ

3. ในช่องที่ 2 จะแสดงผลลัพธ์ของการคำนวณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวแปรที่ใช้ในโปรแกรม

k = ค่าการนำความร้อน

dt = ผลต่างของอุณหภูมิ

dx = ความหนาของฉนวน

A = พื้นที่การถ่ายเทความร้อน

q = การสูญเสียความร้อน

q/A = การสูญเสียความร้อนต่อพื้นที่

r_o = รัศมีภายนอกของฉนวน

r_i = รัศมีภายในของฉนวน

l = ความยาวของท่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การทดสอบโปรแกรม

4.2.1 ผลการคำนวณของฉนวนที่มีรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า

ข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบโปรแกรมมีดังนี้

Q = 20000 watt

dt = 430 ^{0}C

dx = 0.02 m

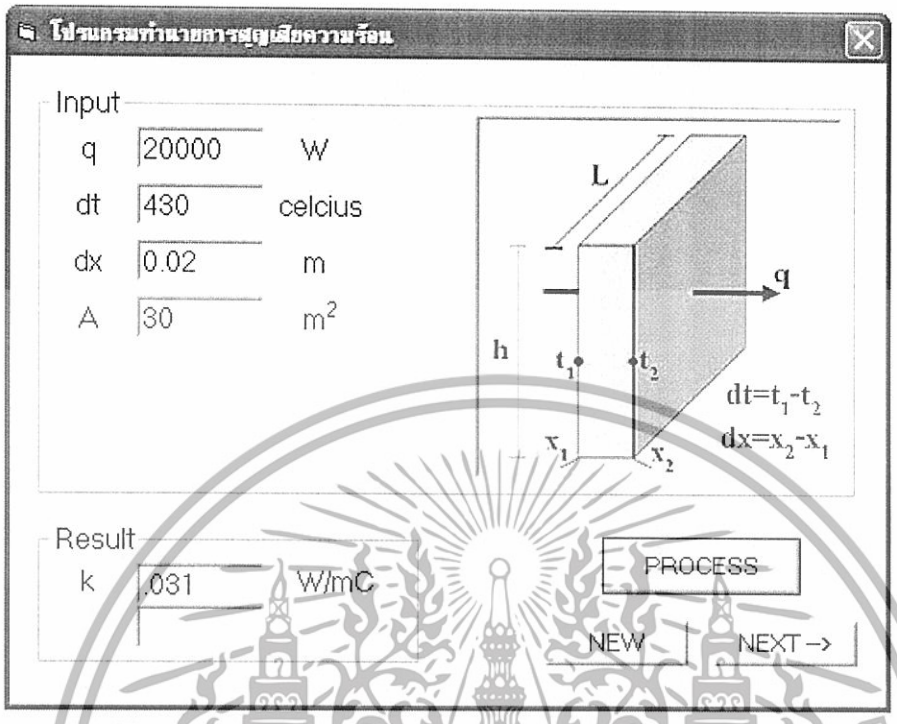
A = 30 m^2

k = 0.031 watt/m. ^{0}C

- การหาค่าการนำความร้อนของฉนวนรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า

รูปที่ 4.6 การหาค่าการนำความร้อนของฉนวนรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7 ผลการคำนวณของโปรแกรม

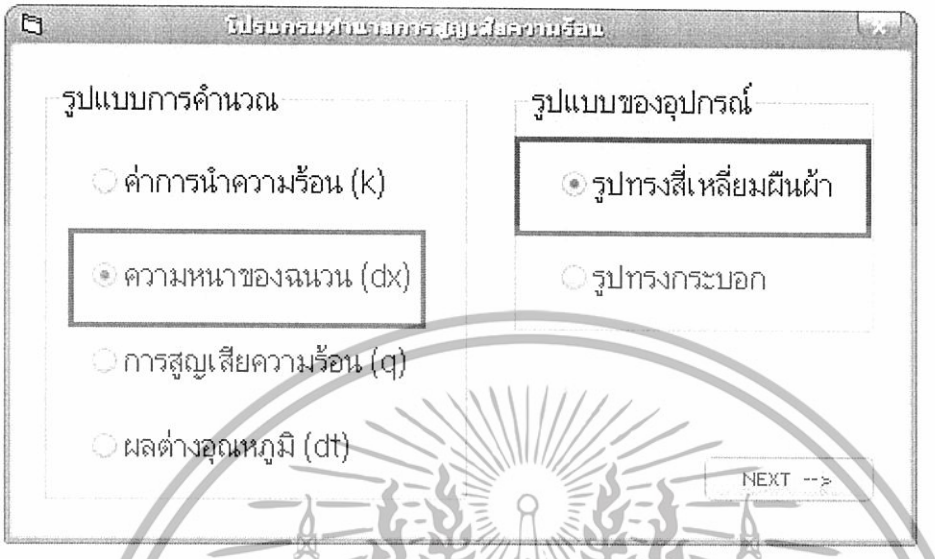
จากรูปที่ 4.7 ดำเนินการโดยใส่ค่าตัวแปร q,dt,dx,A จากนั้น กด PROCESS แล้วจะได้ค่า k (ค่าการนำความร้อน) ที่ต้องการ ซึ่งจากรูปมีค่าเท่ากับ 0.031

รูปที่ 4.8 ฐานข้อมูลที่ได้จากการคำนวณค่าการนำความร้อนของฉนวน

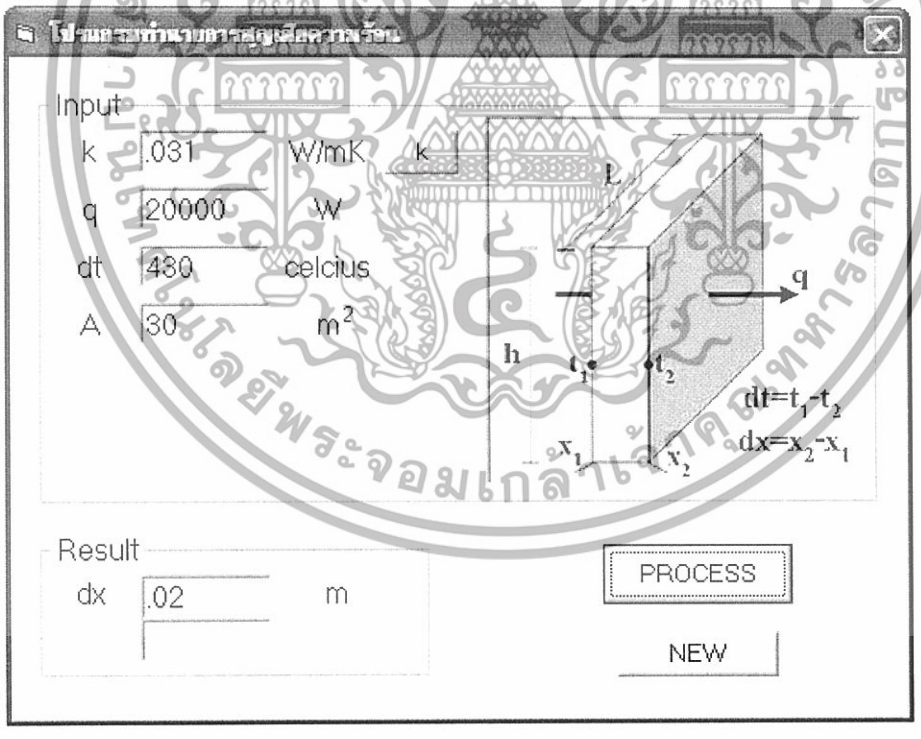
หลังจากได้ค่าการนำความร้อนแล้วโปรแกรมจะแสดงฐานข้อมูลที่สอดคล้องกับค่าการนำความร้อนที่ได้จากการรคำนวณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การหาความหนาของฉนวนรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า



รูปที่ 4.9 การหาความหนาของฉนวนรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า

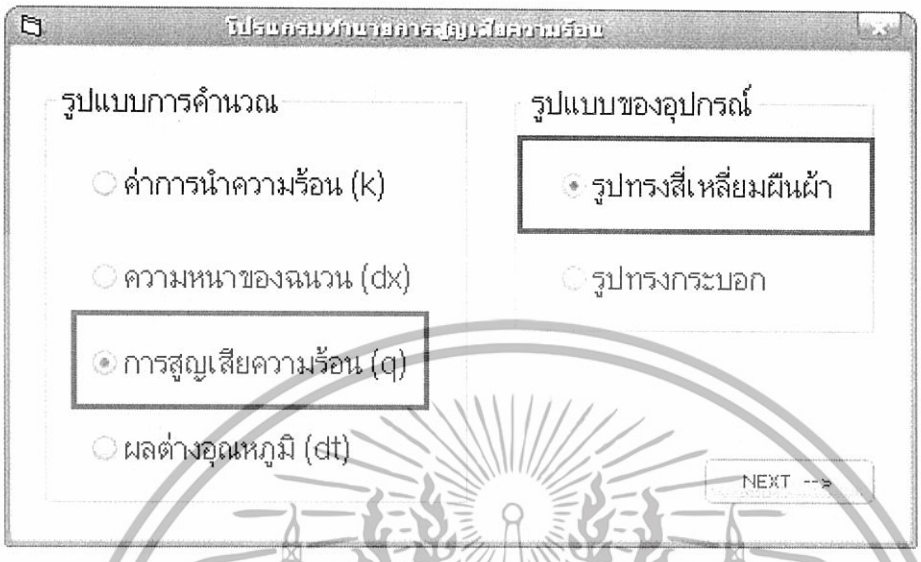


รูปที่ 4.10 ผลการคำนวณของโปรแกรม

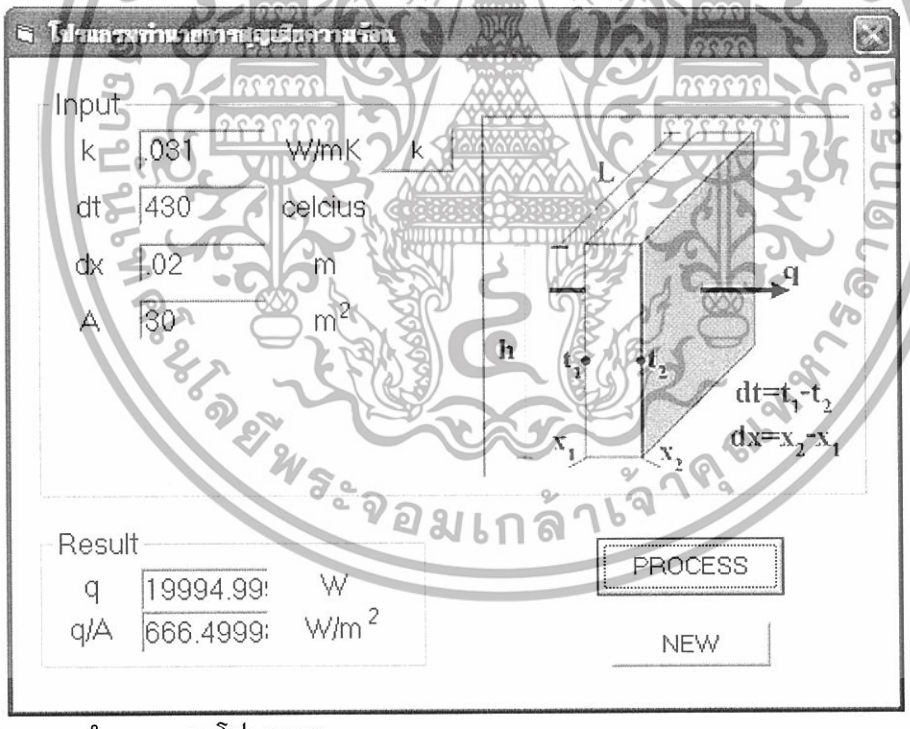
จากรูปที่ 4.10 ดำเนินการโดยเลือกค่า k จากฐานข้อมูล จากนั้นใส่ค่าตัวแปร q,dt,A จากนั้น กด PROCESS แล้วจะได้ค่า dx (ความหนา) ที่ต้องการ ซึ่งจากรูปมีค่าเท่ากับ 0.02

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- **การหาค่าการสูญเสียความร้อนของฉนวนรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า**



รูปที่ 4.11 การหาค่าการสูญเสียความร้อนของฉนวนรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า

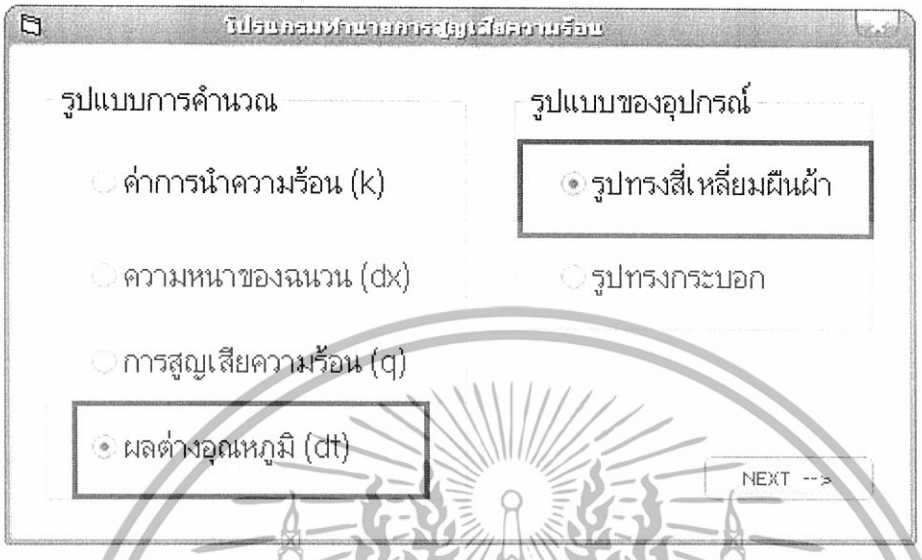


รูปที่ 4.12 ผลการคำนวณของโปรแกรม

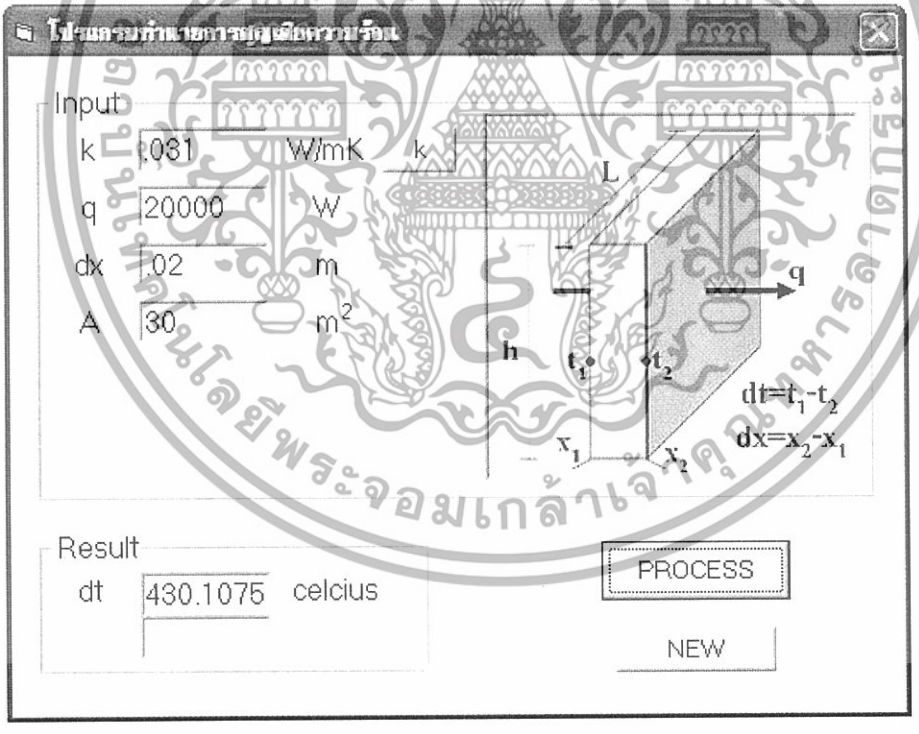
จากรูปที่ 4.12 ดำเนินการโดยเลือกค่า k จากฐานข้อมูล จากนั้นใส่ค่าตัวแปร dx,dt,A จากนั้นกด PROCESS แล้วจะได้ค่า q, q/A ที่ต้องการ ซึ่งจากรูปมีค่าเท่ากับ 19994.99, 666.499 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การหาค่าผลต่างอุณหภูมิของฉนวนรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า



รูปที่ 4.13 การหาค่าผลต่างอุณหภูมิของฉนวนรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า



รูปที่ 4.14 ผลการคำนวณของโปรแกรม

จากรูปที่ 4.14 ดำเนินการ โดยเลือกค่า k จากฐานข้อมูล จากนั้นใส่ค่าตัวแปร dx,q,A จากนั้น กด PROCESS แล้วจะได้ค่า dt (ผลต่างอุณหภูมิ) ที่ต้องการ ซึ่งจากรูปมีค่าเท่ากับ 430.1075

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 ผลการคำนวณของฉนวนที่มีรูปทรงกระบอก

ข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบโปรแกรมมีดังนี้

Q = 500 watt

dt = 120 ^{0}C

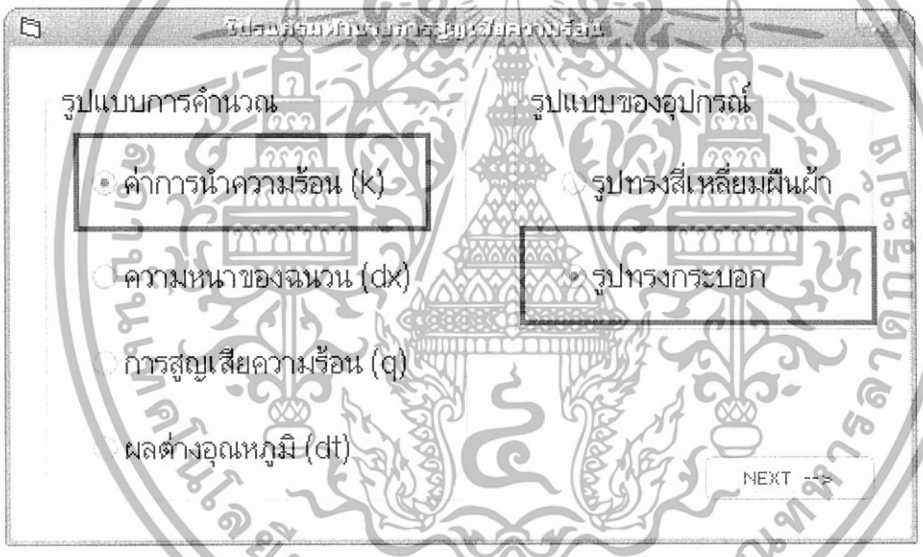
r_0 = 0.07 m

r_i = 0.05 m

K = 0.0372 watt/m. ^{0}C

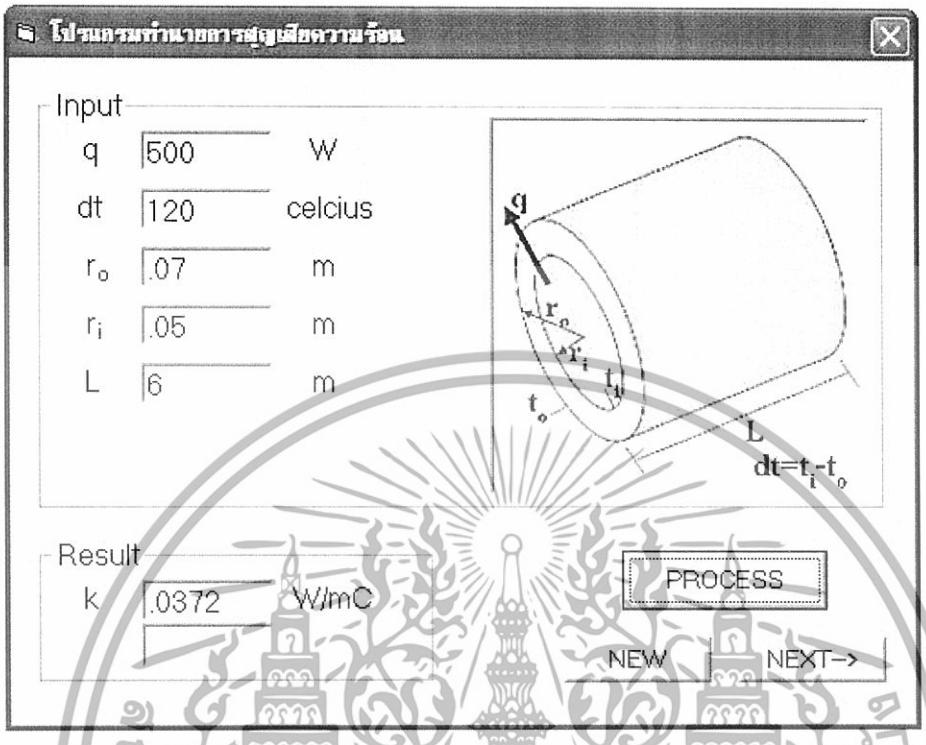
L = 6 m

- การหาค่าการนำความร้อนของฉนวนรูปทรงกระบอก



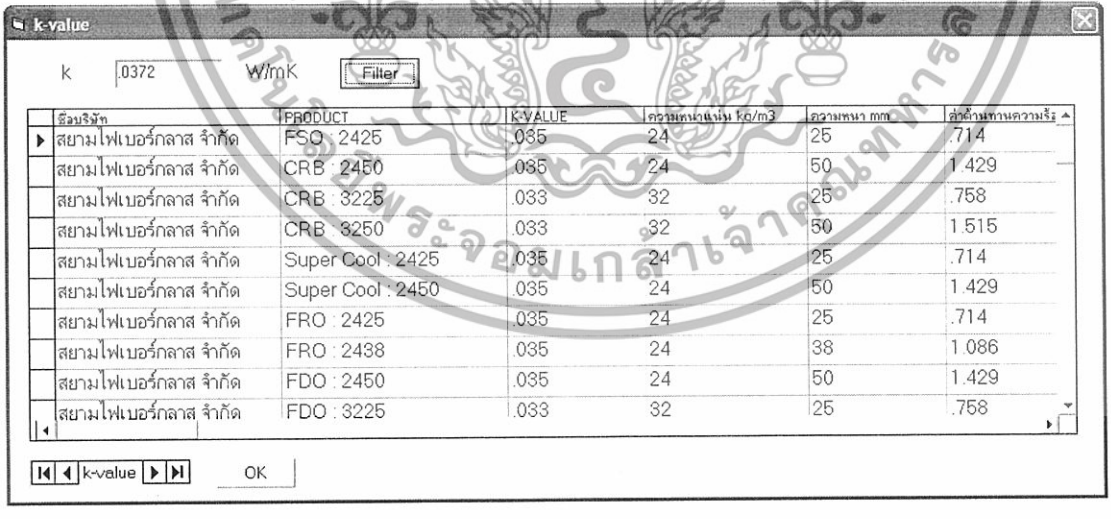
รูปที่ 4.15 การหาค่าการนำความร้อนของฉนวนรูปทรงกระบอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.16 ผลการคำนวณของโปรแกรม

จากรูปที่ 4.16 ดำเนินการโดยใส่ค่าตัวแปร dt, q, r_o, r_i, L จากนั้น กด PROCESS แล้วจะได้ค่า k (ค่าการนำความร้อน) ที่ต้องการ ซึ่งจากรูปมีค่าเท่ากับ 0.0372



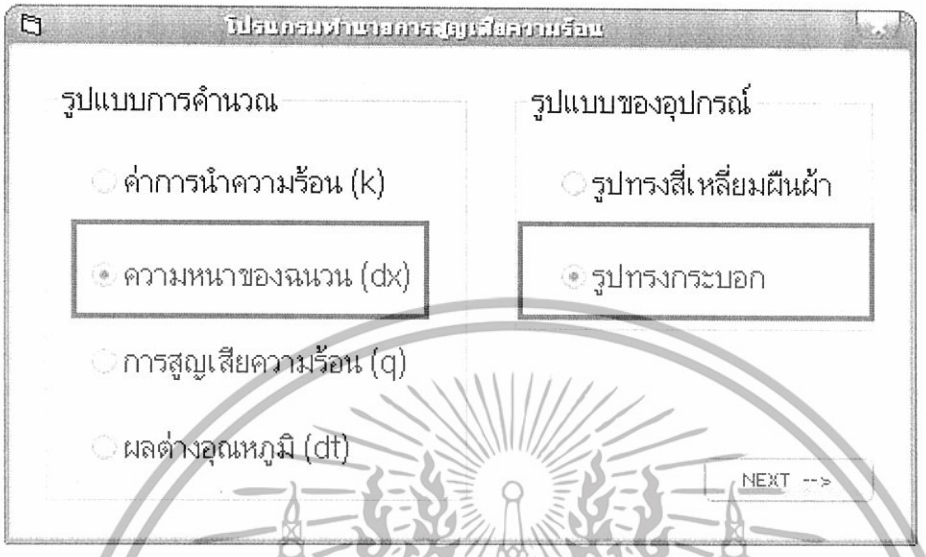
ชื่อบริษัท	PRODUCT	K-VALUE	ความหนาแน่น ko/m3	ความหนา mm	ค่าต้านทานความร้อ
สยามไฟเบอร์กลาส จำกัด	FSO : 2425	.035	24	25	.714
สยามไฟเบอร์กลาส จำกัด	CRB : 2450	.035	24	50	1.429
สยามไฟเบอร์กลาส จำกัด	CRB : 3225	.033	32	25	.758
สยามไฟเบอร์กลาส จำกัด	CRB : 3250	.033	32	50	1.515
สยามไฟเบอร์กลาส จำกัด	Super Cool : 2425	.035	24	25	.714
สยามไฟเบอร์กลาส จำกัด	Super Cool : 2450	.035	24	50	1.429
สยามไฟเบอร์กลาส จำกัด	FRO : 2425	.035	24	25	.714
สยามไฟเบอร์กลาส จำกัด	FRO : 2438	.035	24	38	1.086
สยามไฟเบอร์กลาส จำกัด	FDO : 2450	.035	24	50	1.429
สยามไฟเบอร์กลาส จำกัด	FDO : 3225	.033	32	25	.758

รูปที่ 4.17 ฐานข้อมูลที่ได้จากการคำนวณค่าการนำความร้อนของฉนวน

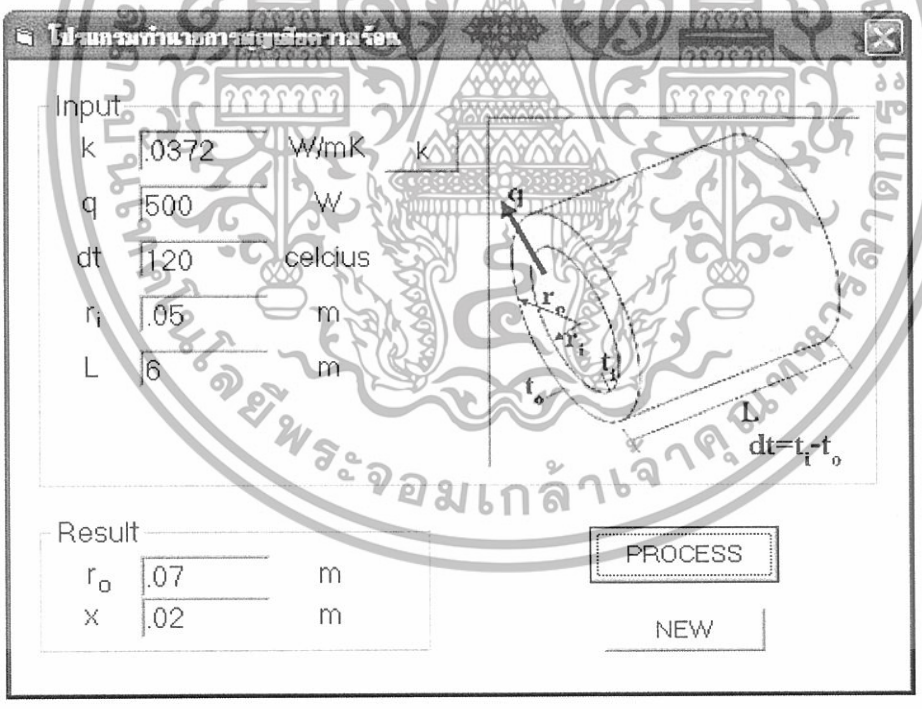
หลังจากได้ค่าการนำความร้อนแล้วโปรแกรมจะแสดงฐานข้อมูลที่สอดคล้องกับค่าการนำความร้อนที่ได้จากการรคำนวณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การหาความหนาของฉนวนรูปทรงกระบอก



รูปที่ 4.18 การหาความหนาของฉนวนรูปทรงกระบอก

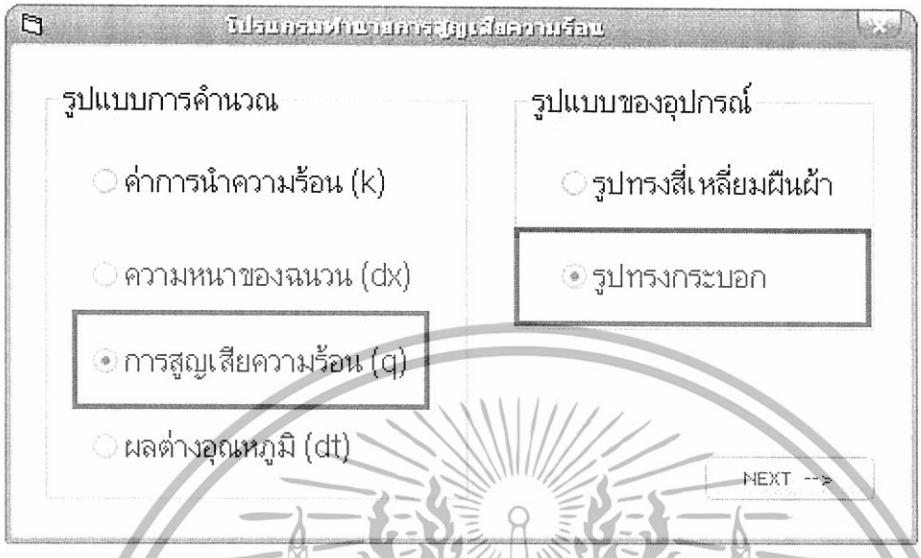


รูปที่ 4.19 ผลการคำนวณของโปรแกรม

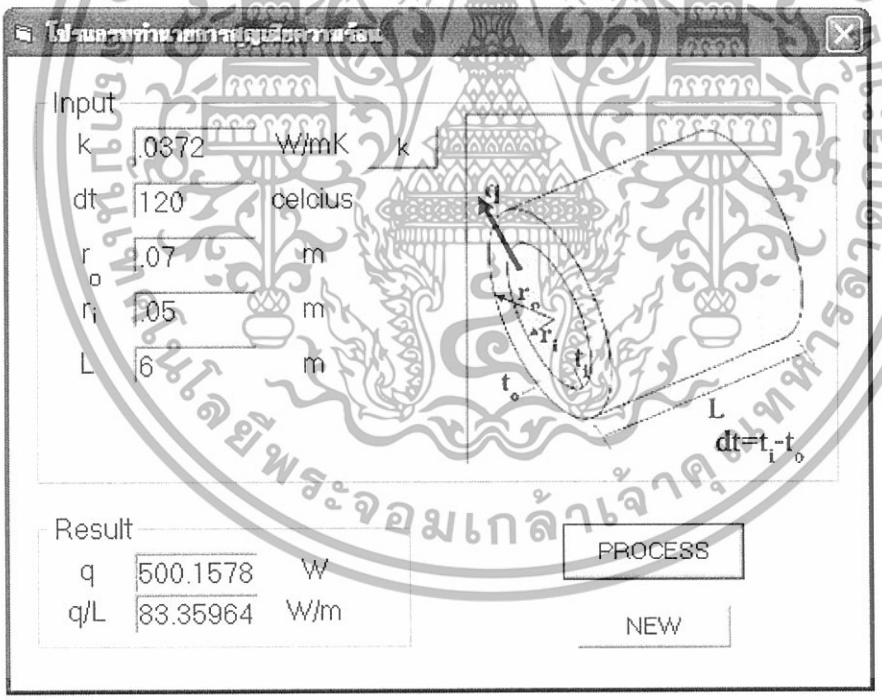
จากรูปที่ 4.19 ดำเนินการโดยเลือกค่า k จากฐานข้อมูล จากนั้นใส่ค่าตัวแปร dt,q, r_i,L จากนั้นกด PROCESS แล้วจะได้ค่า r_0 , x ที่ต้องการ ซึ่งจากรูปมีค่าเท่ากับ 0.07 , 0.02 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การหาค่าการสูญเสียความร้อนของฉนวนรูปทรงกระบอก



รูปที่ 4.20 การหาค่าการสูญเสียความร้อนของฉนวนรูปทรงกระบอก

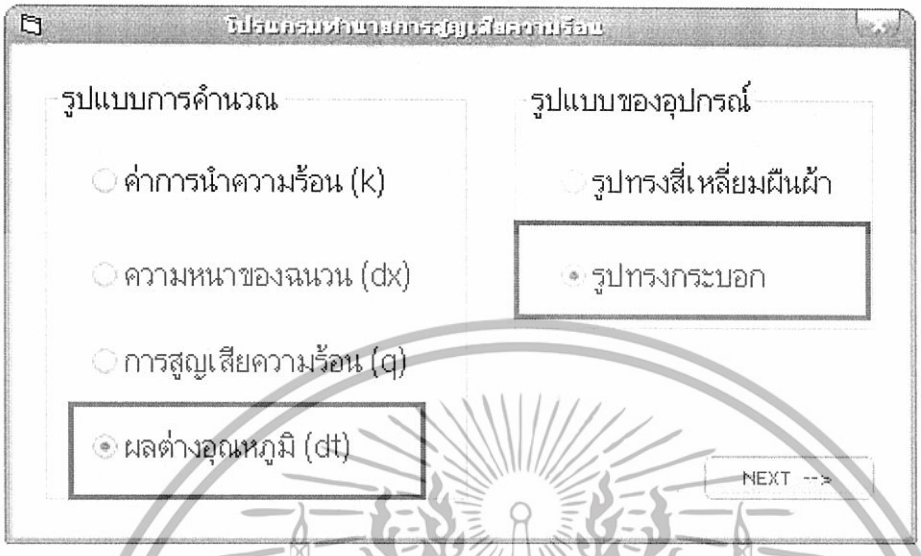


รูปที่ 4.21 ผลการคำนวณของโปรแกรม

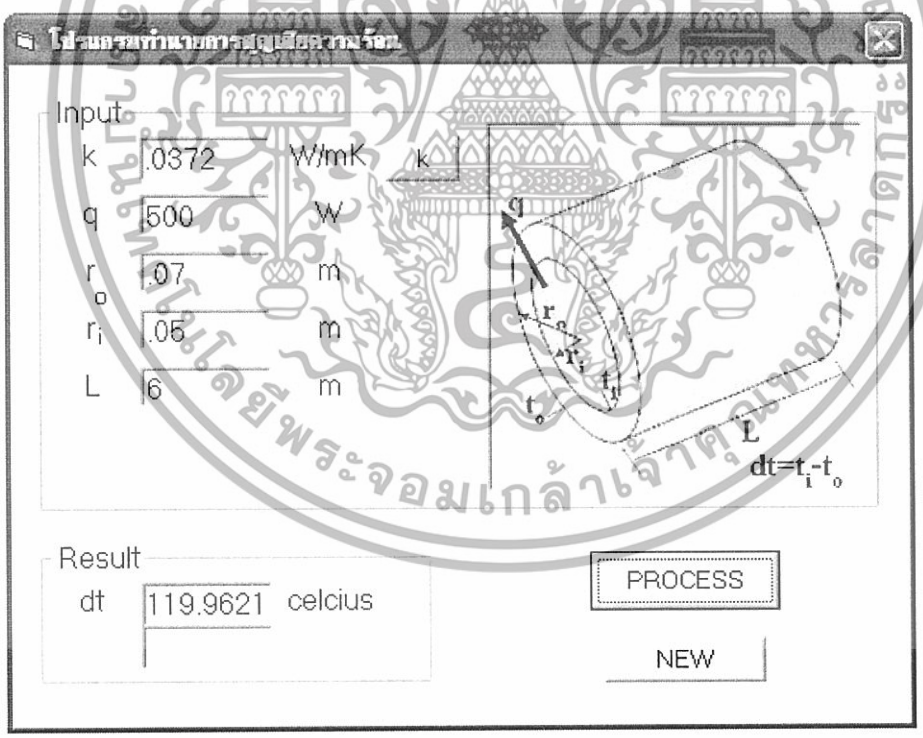
จากรูปที่ 4.21 ดำเนินการโดยเลือกค่า k จากฐานข้อมูล จากนั้นใส่ค่าตัวแปร dt, r_o, r_i, L จากนั้นกด PROCESS แล้วจะได้ค่า q, q/A ที่ต้องการ ซึ่งจากรูปมีค่าเท่ากับ 500.1578, 265.3413 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การหาค่าผลต่างอุณหภูมิของฉนวนรูปทรงกระบอก



รูปที่ 4.22 การหาค่าผลต่างอุณหภูมิของฉนวนรูปทรงกระบอก



รูปที่ 4.23 ผลการคำนวณของโปรแกรม

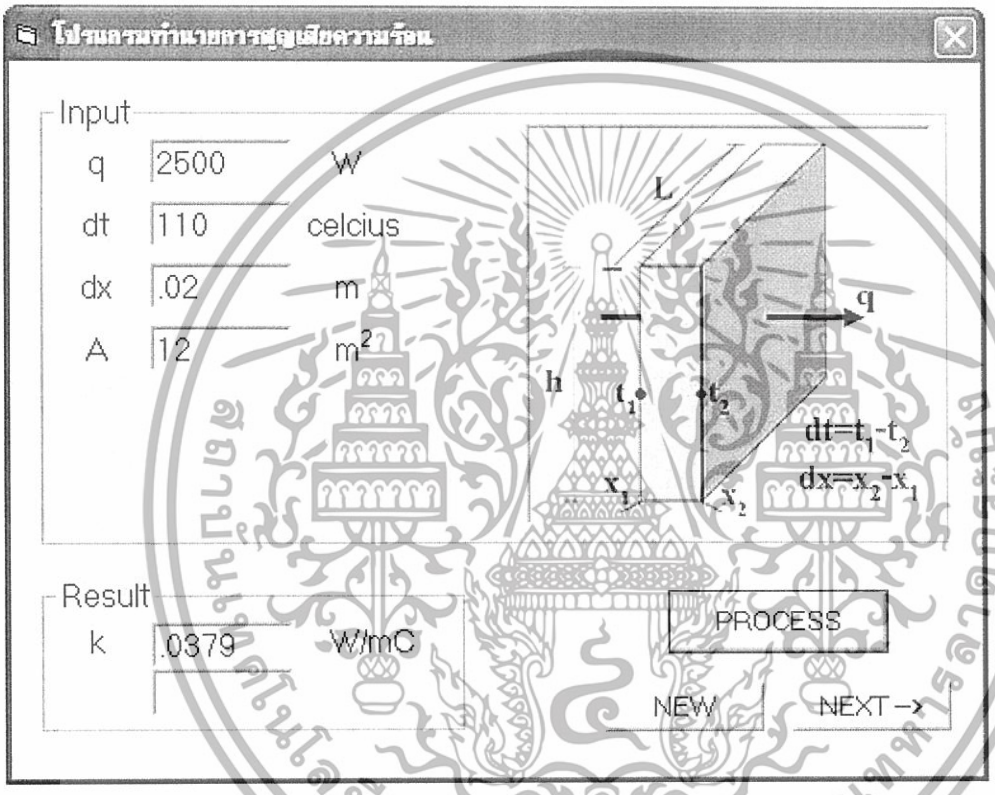
จากรูปที่ 4.23 ดำเนินการโดยเลือกค่า k จากฐานข้อมูล จากนั้นใส่ค่าตัวแปร dt ,r_0, r,L,q จากนั้นกด PROCESS แล้วจะได้ค่า dt (ผลต่างอุณหภูมิ) ที่ต้องการ ซึ่งจากรูปมีค่าเท่ากับ 119.9621

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 การใช้ประโยชน์จากโปรแกรม

4.3.1 รูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า (Slab)

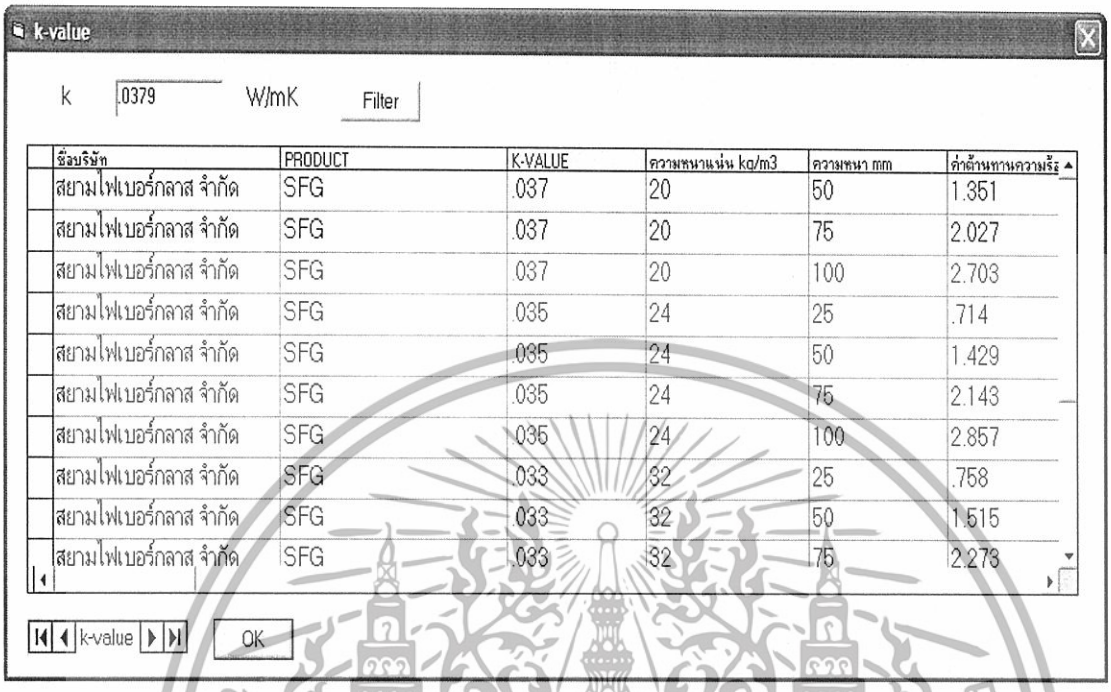
แผ่นวัสดุตัวอย่างชนิดหนึ่งมีความหนา 2 cm. โดยผิวหน้าของแผ่นมีอุณหภูมิเท่ากับ 130˚C และอุณหภูมิที่ผิวหน้าอีกด้าน เท่ากับ 20˚C สมมติว่าอยู่ในสภาวะ steady state conduction จงคำนวณหาค่าการนำความร้อนของแผ่นวัสดุตัวอย่างนี้ กำหนดให้ ค่าการถ่ายเทความร้อนมีค่าเท่ากับ 2500 W และมีพื้นที่ 14 m^2



รูปที่ 4.24 ผลการคำนวณของโปรแกรม

จากรูปที่ 4.24 ดำเนินการโดยใส่ค่าตัวแปร q,dt,dx,A จากนั้น กด PROCESS แล้วจะได้ค่า k (ค่าการนำความร้อน) ที่ต้องการ ซึ่งจากรูปมีค่าเท่ากับ 0.0379

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



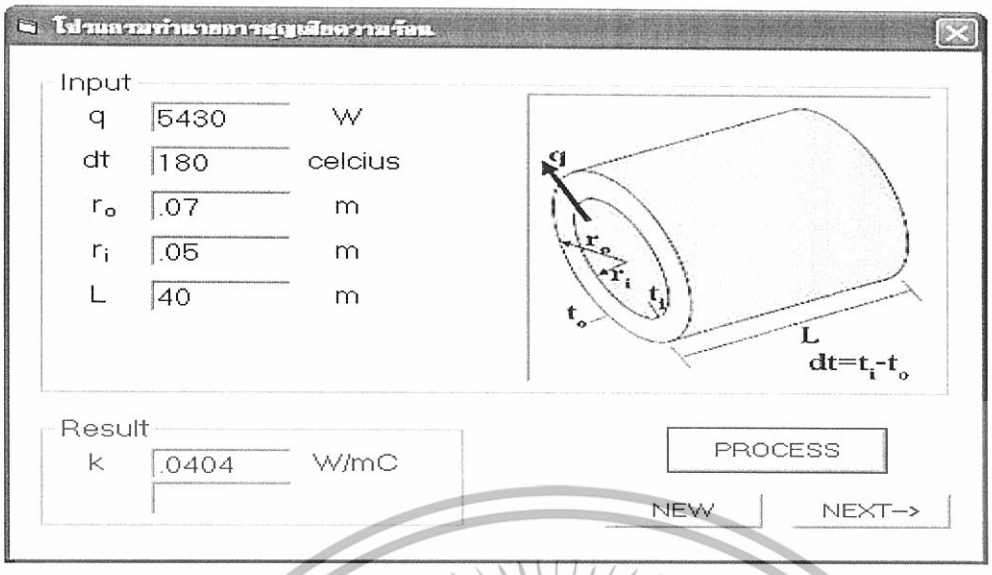
รูปที่ 4.25 ฐานข้อมูลที่ได้จากการคำนวณค่าการนำความร้อนของฉนวน

หลังจากได้ค่าการนำความร้อนแล้วโปรแกรมจะแสดงฐานข้อมูลที่สอดคล้องกับค่าการนำความร้อนที่ได้จากการรคำนวณ

4.3.2 รูปทรงกระบอก (Cylinder)

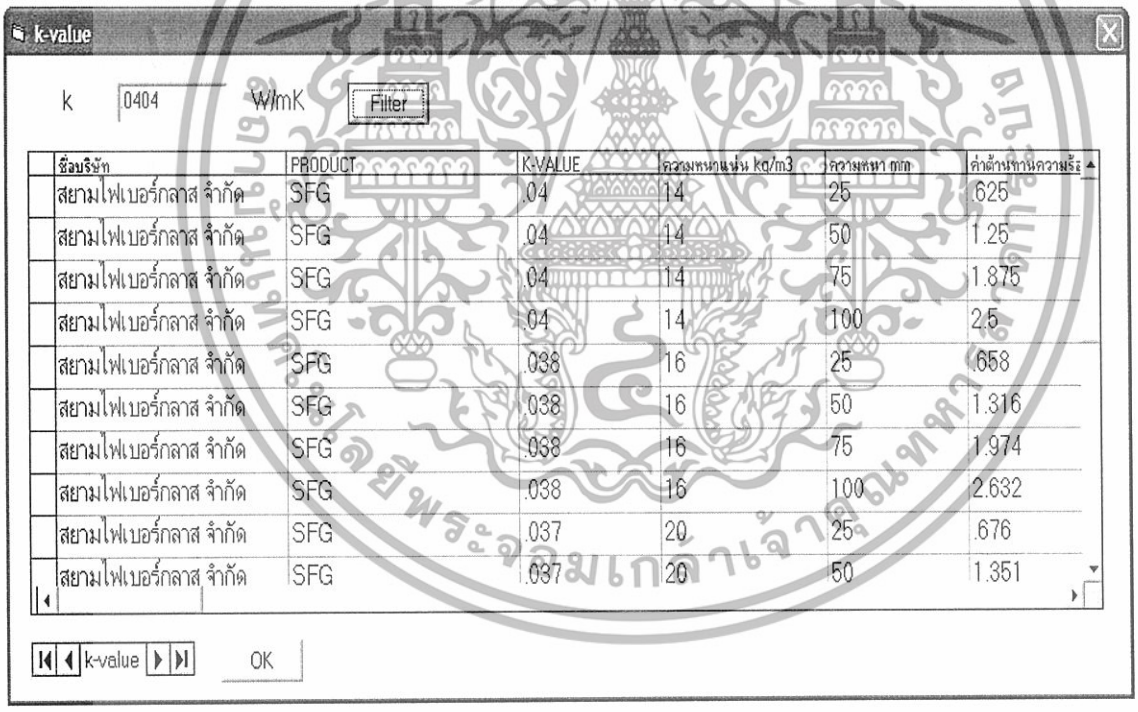
ท่อวัสดุตัวอย่างชนิดหนึ่งหนา 2 cm. มีเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 6 cm. ซึ่งนำมาใช้ในกระบวนการของ Boiler ที่มีความยาว 40 m. อุณหภูมิภายในท่อมีค่าเท่ากับ 300°C และอุณหภูมิภายนอกท่อมีค่าเท่ากับ 120°C จงคำนวณหาค่าการนำความร้อนของท่อนี้ สมมติว่าอยู่ในสภาวะ steady state conduction กำหนดให้ค่าการถ่ายเทความร้อนมมีค่าเท่ากับ 5430 W

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.26 ผลการคำนวณของโปรแกรม

จากรูปที่ 4.16 ดำเนินการโดยใส่ค่าตัวแปร dt,q,r_o, r_i,L จากนั้น กด PROCESS แล้วจะได้ค่า k (ค่าการนำความร้อน) ที่ต้องการ ซึ่งจากรูปมีค่าเท่ากับ 0.0404



รูปที่ 4.27 ฐานข้อมูลที่ได้จากการคำนวณค่าการนำความร้อนของฉนวน

หลังจากได้ค่าการนำความร้อนแล้วโปรแกรมจะแสดงฐานข้อมูลที่สอดคล้องกับค่าการนำความร้อนที่ได้จากการรคำนวณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 สรุปผลการใช้ประโยชน์จากโปรแกรม

- จากการทดลองพบว่า ในกรณีฉนวนมีรูปทรงเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้า จากรูปที่ 4.24 ดำเนินการโดยใส่ค่าตัวแปร q,dt,dx,A จากนั้น กด PROCESS แล้วจะได้ค่า k (ค่าการนำความร้อน) ที่ต้องการ ซึ่งจากรูปมีค่าเท่ากับ 0.0379 จากนั้นกด NEXT โปรแกรมจะเข้าสู่หน้าต่างดังรูปที่ 4.25 โดยเมื่อทำการกดปุ่ม Filter โปรแกรมจะทำการเปรียบเทียบค่าการนำความร้อนที่ได้จากการคำนวณกับ ค่าการนำความร้อนของชนวนชนิดต่างๆที่อยู่ในฐานข้อมูลทั้งหมด เพื่อแสดงผลค่าการนำความร้อนที่เท่ากันหรือใกล้เคียงมากที่สุดดังรูปที่ 4.25 จากนั้นเราจะทราบว่าเราควรเลือกใช้ฉนวนชนิดอะไร เพื่อจะได้นำไปใช้กับความต้องการ ซึ่งจากรูปที่ 4.25 เลือกใช้ฉนวนชนิด SFG ที่มีความหนาเท่ากับ 50 mm,75 mm,100 mm และความหนาแน่นเท่ากับ20 kg/m^3 ของบริษัทสยามไฟเบอร์กลาส

- ในกรณีฉนวนมีรูปทรงเป็นทรงกระบอก จากรูปที่ 4.26 ดำเนินการโดยใส่ค่าตัวแปร dt,q,r_0,r_i,L จากนั้น กด PROCESS แล้วจะได้ค่า k (ค่าการนำความร้อน) ที่ต้องการ ซึ่งจากรูปมีค่าเท่ากับ 0.0404 จากนั้นกด NEXT โปรแกรมจะเข้าสู่หน้าต่างดังรูปที่ 4.27 โดยเมื่อทำการกดปุ่ม Filter โปรแกรมจะทำการเปรียบเทียบค่าการนำความร้อนที่ได้จากการคำนวณกับ ค่าการนำความร้อนของชนวนชนิดต่างๆที่อยู่ในฐานข้อมูลทั้งหมด เพื่อแสดงผลค่าการนำความร้อนที่เท่ากันหรือใกล้เคียงมากที่สุดดังรูปที่ 4.27 จากนั้นเราจะทราบว่าเราควรเลือกใช้ฉนวนชนิดอะไร เพื่อจะได้นำไปใช้กับความต้องการ ซึ่งจากรูปที่ 4.27 เลือกใช้ฉนวนชนิด SFG ที่มีความหนาเท่ากับ 25 mm ,50 mm,75 mm,100 mm และความหนาแน่นเท่ากับ14 kg/m^3 ของบริษัทสยามไฟเบอร์กลาส

4.5 สรุปผลการศึกษา

โปรแกรมสำหรับใช้งานนี้ โปรแกรมสามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพตรงกับจุดประสงค์ของการศึกษาในการทดลองนี้ และเป็นโปรแกรมที่สะดวกและ ง่ายต่อการใช้งานสำหรับบุคคลทั่วไป สามารถบอกได้ว่าควรเลือกใช้ฉนวนชนิดอะไรที่เหมาะสมกับความต้องการ สามารถคำนวณหาค่าการนำความร้อน(k) การสูญเสียความร้อน (q) พื้นที่ผิวของฉนวน(A) และความหนาของฉนวน(Δx) ผลต่างอุณหภูมิ(Δt) โดยในการคำนวณนี้กำหนดให้สามารถใช้กับฉนวนที่มีรูปร่างเป็นทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า (slab) และทรงกระบอก(cylinder) ซึ่งจำนวนชั้นของฉนวนต้องเป็น 1 ชั้น และอยู่ในสภาวะคงที่(Steady State) เท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

ธันยาภรณ์ จันทะเดช และ ศรัญญา ช่วงพิมาย. 2544. ฉนวนความร้อนจากกากสับปะรด. ปัญหาพิเศษ (วท.บ. (อุตสาหกรรมเกษตร)). สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพมหานคร.

พงษ์เจตน์ พรหมวงศ์. 2534. การถ่ายเทความร้อน. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพมหานคร.

นาวาอากาศตรีตระการ ค้าวกสิกรรม. 2537. คู่มือฉนวนกันความร้อน. เอ็มแอนด์อี: กรุงเทพมหานคร. 312 หน้า

ผศ.วิจิตร บุญยธโรกุล. 2542. ระบบทำความเย็น ตู้เย็น-ห้องเย็น. คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. กรุงเทพมหานคร.

รุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต. 2535. วิศวกรรมแปรรูปอาหาร: การถนอมอาหาร. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าลาดกระบัง. กรุงเทพมหานคร.

รศ. สุนันท์ ศรัณยนิตย์. 2545. การถ่ายเทความร้อน (Heat transfer.). สำนักพิมพ์สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น). กรุงเทพมหานคร.

ฉัททวุฒิ พืชพล .พิชิต สันติกุลานนท์. พร้อมเลิศ หล่อวิจิตร.2547. คู่มือเรียน Visual Basic 6 . พิมพ์ครั้งที่ 11.

Warren L. McCabe , Julian C. Smith , Peter Harriott . Unit Operations of Chemical Engineering. Seven Edition.

R.Paul Singh Dennis R Heldman. 1993. Introduction to Food Engineering . Academic Press. Sandiego, califormia. U.S.A.

Frank P. John Wiley & San. 1998. Fundamental of Heat and Mass Tranfer. McGraw-Hill, Singapore

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก.

ตารางที่ 1 คุณสมบัติของฉนวนกันความร้อนสำหรับงานหุ้มท่อปรับอากาศ

Product Type	Density (kg/m^3)	Thickness (mm)	Size		k-Value		R-Value	
			m.xm.	ftxft	w/m.k at 24 °C mean	Btu-in/hr.ft^2.F . At 75 °F mean	m^2.k/w	hr.ft^2.f/Btu
FLO : 1625	16	25	1.22 x 30.50	4 x 100	0.038	0.264	0.658	3.735
FLO : 1638	16	38	1.22 x 30.50	4 x 100	0.038	0.264	1.000	5.677
FLO : 1650	16	50	1.22 x 15.25	4 x 50	0.038	0.264	1.316	7.470
FRO : 2425	24	25	1.22 x 30.50	4 x 100	0.035	0.243	0.714	4.050
FRO : 2438	24	38	1.22 x 15.25	4 x 50	0.035	0.243	1.086	6.160
FDO : 2450	24	50	1.22 x 15.25	4 x 50	0.035	0.243	1.429	8.110
FDO : 2450	32	25	1.22 x 15.25	4 x 50	0.033	0.229	0.758	4.301
FDO : 2450	32	38	1.22 x 15.25	4 x 50	0.033	0.229	1.152	6.537
FDO : 2450	32	50	1.22 x 15.25	4 x 50	0.033	0.229	1.515	8.602

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FLO : ฉนวนตราช้าง ปิดด้วยแผ่นอลูเนียมฟอยล์เสริมแรง 3 ทางชนิดไม่ลามไฟ 1 ด้าน ผ่านการทดสอบตรามาตรฐาน BS 476 และ UL 723

FRO : ฉนวนตราช้าง ปิดด้วยแผ่นอลูเนียมฟอยล์เสริมแรง 3 ทางชนิดไม่ลามไฟ 1 ด้าน ผ่านการทดสอบตรามาตรฐาน BS 476 และ UL 723 พร้อมกาวสูตรพิเศษชนิดไม่ลามไฟ สำหรับยึดติดฉนวนที่ผ่านการทดสอบตามมาตรฐาน BS 476

FDO : ฉนวนตราช้าง ปิดด้วยแผ่นอลูเนียมฟอยล์เสริมแบบ 5 Layer เสริมแรง 3 ทางชนิดไม่ลามไฟ 2 ด้าน (Fire Retardant Double Sided AL-Foil) ที่ผ่านการทดสอบตรามาตรฐาน BS 476 และ UL 723 ประกอบด้วยแผ่นฟอยล์ด้านนอก,กระดาษคราฟ,เส้นใยไฟเบอร์กลาสเสริมแรง 3 ทาง และแผ่นฟอยล์ด้านใน และส่วนประกอบทั้งหมดยึดติดกันด้วย Polymer Adhesive

ตารางที่ 2 คุณสมบัติของฉนวนกันความร้อนสำหรับงานโครงสร้าง

Product Type	Density (kg/m^3)	Thickness (mm)	Size	k-Value		R-Value	
			m.xm.	w/m.k	Btu-in/hr.ft^2.F	m^2.k/w	hr.ft^2.f/Btu
FSO : 1625	16	25	1.00 x 30.00	0.038	0.264	0.658	3.735
FSO : 1650	16	50	1.00 x 15.00	0.038	0.264	1.316	7.470
FSO : 2425	24	25	1.00 x 30.00	0.035	0.243	0.714	4.050
CRB : 2450	24	50	1.00 x 15.00	0.035	0.243	1.429	8.110
CRB : 3225	32	38	1.00 x 15.00	0.033	0.229	0.758	4.301
CRB : 3250	32	50	1.00 x 15.00	0.033	0.229	1.525	8.602

Foil Scrim Karft One Side Facing (FSO) : ฉนวนตราช้างวัสดุปิดผิว 1 ด้าน ด้วยแผ่นอลูมิเนียมฟอยล์เสริมแรง 3 ทางชนิดไม่ลามไฟ

CRB: คุณสมบัติของฉนวนตราช้างวัสดุปิดผิว 2 ด้าน ด้วยแผ่นอลูมิเนียมฟอยล์เสริมแรง 3 ทางชนิดไม่ลามไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3 ฉนวนกันความร้อนสำหรับงานโครงสร้าง

Product Type	Density (kg/m^3)	Thickness (mm)	k-Value		R-Value	
			w/m.k	Btu-in/hr.ft^2.F	m^2.k/w	hr.ft^2.f/Btu
Super Cool : 1250	12	50	0.042	0.291	1.190	6.758
Super Cool : 1275	12	75	0.042	0.291	1.786	10.138
Super Cool : 1625	16	25	0.038	0.264	0.658	3.735
Super Cool : 1650	16	50	0.038	0.264	1.316	7.470
Super Cool : 2425	24	25	0.035	0.243	0.714	4.055
Super Cool : 2450	24	50	0.035	0.243	1.429	8.110

Super Cool : ฉนวนตราช้างหุ้มรอบด้านด้วยแผ่นอลูมิเนียมฟอยล์เสริมแรง 3 ทางชนิดไม่ลามไฟ

ตารางที่ 4 คุณสมบัติของฉนวนกันความร้อนสำหรับงานโครงสร้าง

Product Type	Thickness (mm)	k-Value	R-Value	
		w/m.k	m^2.k/w	hr.ft^2.f/Btu
Stay Cool	75	0.0380	1.970	11.5
โฟมแผ่น (PE)	5	0.0240	1.208	1.2
แผ่น Bubble Foil	4	0.0395	0.101	0.6
ฉนวนเยื่อกระดาษ	25	0.0400	0.625	3.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5 คุณสมบัติขอฉนวนกันความร้อนสำหรับงานโครงสร้าง

k-Value,R-Value,C-Value of SFG Insulation

(at 24 °C mean temp.)

Density (kg/m^3)	k	25 mm		50 mm		75 mm		100 mm	
	w/m.k	R	C	R	C	R	C	R	C
10	0.046	0.543	1.840	1.087	0.920	1.630	0.613	2.174	0.460
12	0.042	0.595	1.680	1.190	0.840	1.786	0.560	0.613	0.420
14	0.040	0.625	1.600	1.250	0.800	1.875	0.533	2.500	0.400
16	0.038	0.658	1.520	1.316	0.760	1.974	0.507	2.632	0.380
20	0.037	0.676	1.480	1.351	0.740	2.027	0.493	2.703	0.370
24	0.035	0.714	1.400	1.429	0.700	2.143	0.467	2.857	0.350
32	0.033	0.758	1.320	1.515	0.660	2.273	0.440	3.030	0.330
38	0.033	0.758	1.320	1.515	0.660	2.273	0.440	3.030	0.330
40	0.032	0.781	1.280	1.563	0.640	2.344	0.427	3.125	0.320
48	0.032	0.781	1.280	1.563	0.640	2.344	0.427	3.125	0.320
56	0.031	0.806	1.240	1.613	0.620	2.419	0.413	3.226	0.310
64	0.031	0.806	1.240	1.613	0.620	2.419	0.413	3.226	0.310
72	0.031	0.806	1.240	1.613	0.620	2.419	0.413	3.226	0.310
80	0.031	0.806	1.240	1.613	0.620	2.419	0.413	3.226	0.310
100	0.031	0.806	1.240	1.613	0.620	2.419	0.413	3.226	0.310

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้