ปีการศึกษา 2532

เครื่องทำน้ำแข็งขนาดเล็ก

(MINI REFRIGERATOR)

โดย

นายวรเทพ พิริยเลิศศักดิ์

นายวิทยา วัณณสุโภประสิทธิ์

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์ พงษ์เจต พรหมวงศ์

อาจารย์ อรรถสรรพ์ สุนทรชาติ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2532

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง เครื่องทำน้ำแข็งขนาดเล็ก (MINI REFRIGERATOR)

ผู้จัดทำ

นาย วรเทพ พิริยเลิศศักดิ์

นาย วิทยา วัณณสุโภประสิทธิ์

อาจารย์ที่ปรึกษา

อ. พงษ์เจต พรหมวงศ์

อาจารย์ที่ปรึกษา

อ. อรรถสรรพ์ สุนทรชาติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

เครื่องทำน้ำแข็งขนาดเล็ก

นาย วรเทพ พิริยเลิศศักดิ์
นาย วิทยา วัฒณสุโภประสิทธิ์
อาจารย์ที่ปรึกษา
อ.พงษ์เจต พรหมวงศ์
อ.อรรถสรรพ์ สุนทรชาติ
ปีการศึกษา 2532

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์เรื่อง "เครื่องผลิตน้ำแข็งขนาดเล็ก" นี้ ถูกจัดทำขึ้นมาโดยมีวัตถุประสงค์หลักคือ เพื่อศึกษา วิจัยเกี่ยวกับกระบวนการและกรรมวิธีในการผลิตน้ำแข็งโดยจะเน้นถึงขนาดของตัวเครื่องให้เล็กที่สุด กระบวนการแรกจะเริ่มด้วยการปล่อยน้ำให้ไหลลงไปในบล็อคหล่อน้ำแข็ง ซึ่งมีลักษณะเป็นรูปครึ่งทรงกระบอกหงายอยู่ เมื่อน้ำที่ถูกปล่อยลงมานี้เต็มได้ระดับหนึ่งก็จะหยุด จากนั้นก็จะเปิดสวิตช์ให้คอมเพรสเซอร์ทำงานไปจนกระทั่งน้ำกลายเป็นน้ำแข็ง ก็จะมีเทอร์โมสตรัท (Thermostat) เป็นตัวบังคับให้รีเลย์ทำงาน เพื่อควบคุมให้คอมเพรสเซอร์หยุดการทำงาน จากนั้น ให้ตัวฮีทเตอร์ (Heater) ทำงานแทน เมื่อฮีทเตอร์ให้ความร้อนแก่น้ำแข็งระดับหนึ่งแล้ว ก็จะปิดฮีทเตอร์ แล้วเปิดสวิตช์ให้มอเตอร์เริ่มขับเฟือง ทำให้เพลาหมุนกวาดน้ำแข็งออกจากบล็อคหล่อได้

MINI REFRIGERATOR

Mr. Worathep Piriyalertsak

Mr. Wittaya Wannasupoprasit

Adviser

Mr. Pongjet Promwongse

Mr. Artasan Sunthronchart

Academic Year 1989

Abstract

This project is arranged to study and research about the method of manufacturing of ice. The device must be the smallest as possible. At first, let water flow in the making-ice blocks. When the amount of water is full, the switch of the compressor will be turned on. After water become ice, the thermostat will operate to control the relay switch working for stopping the compressor. Then the switch of heater will be turned on. While the heater is working, the motor will drive gear to sweep ice out of the making-ice blocks.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

ตลาดเครื่องทำน้ำแข็งในปัจจุบัน 1

การสำรวจเครื่องทำน้ำแข็ง

- การสำรวจเครื่องทำน้ำแข็งทั่วไป 3
- ระบบเครื่องทำน้ำแข็งสำเร็จรูปของ โรงแรมฮิลตัน 5
- ระบบเครื่องทำน้ำแข็งเกล็ดอนามัย 6

ทฤษฎีการคำนวณภาระความร้อน (Cooling Load Calculations) 12

เครื่องผลิตน้ำแข็งขนาดเล็ก (MINI REFRIGERATOR)

- จุดประสงค์ในการทำ 33
- การคำนวณภาระความร้อนของเครื่องผลิตน้ำแข็งขนาดเล็ก 34
- อุปกรณ์ที่ใช้ในการทำเครื่องทำน้ำแข็งขนาดเล็ก 39
- ผลการทดลอง และบทสรุป 45
- ปัญหาที่เกิด และ แนวทางแก้ไข 46

ภาคผนวก

- Pressure-Enthalpy Diagram
- Psychrometric Chart

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตลาดเครื่องทำน้ำแข็งในปัจจุบัน

ตลาดเครื่องทำน้ำแข็ง

เครื่องทำน้ำแข็งในปัจจุบันมักจะเป็นเครื่องทำน้ำแข็งในเชิงการพาณิชย์ โดยมากแล้วมักจะอยู่ในรูปของร้านค้าส่งและร้านค้าปลีก ขึ้นอยู่กับขนาดของเครื่องทำน้ำแข็ง โดยมากแล้วถ้าเป็นเครื่องทำน้ำแข็งขนาดใหญ่ (อัตราการผลิต 1,000 ปอนด์/วัน) มักจะอยู่ตามร้านค้าส่ง เช่น ร้านทำน้ำแข็งยูนิตบรรจุเป็นถุงขายในถุงพลาสติก น้ำหนักประมาณถุงละ 1 กิโลกรัม ราคาส่งถุงละ 2.00-3.00 บาท โดยที่ต้นทุนการผลิตของน้ำแข็งยูนิตประมาณถุงละ 50 สตางค์ ตามปกติแล้วในปัจจุบันนี้มีเครื่องทำน้ำแข็งโดยทั่วไปอยู่ 3 ขนาดด้วยกัน คือ ขนาด 600 ปอนด์/วัน ขนาด 800 ปอนด์/วัน และขนาด 1,000 ปอนด์/วัน ซึ่งเป็นที่นิยมและมีมากที่สุดในตลาดก็คือน้ำแข็งรูปถ้วยแบบยูนิต หรือที่ภาษาของชาวบ้านทั่วไปเรียกว่า น้ำแข็งยูนิต นั่นเอง โดยราคาต่อเครื่องจะประมาณ 60,000 บาท ถึงกว่าแสนบาทขึ้นไป

ตามร้านค้าขายส่งทั่วไป เช่น ร้านเหล้า ร้านขายอาหาร ร้านขายเครื่องดื่ม และร้านขายของชำ (ซึ่งโดยมากมักจะรับน้ำแข็งสำเร็จรูปมาขาย) มักจะซื้อเครื่องทำน้ำแข็งขนาดเล็กหรือขนาดปานกลางไว้ในร้านสำหรับบริการลูกค้า โดยเฉพาะอย่างยิ่งในร้านเหล้าหรือร้านขายอาหารมักจะมีน้ำแข็งยูนิตไว้บริการ (โดยเฉพาะอย่างยิ่งนักดื่มนิยมน้ำแข็งยูนิตมาก) นอกจากจะบริการลูกค้าแล้วยังขายส่งต่อผู้ซื้อรายย่อยอีกด้วย

หลักการโดยย่อของเครื่องทำน้ำแข็งถ้วยยูนิตมีดังนี้คือ จะมีบล็อกหล่อน้ำแข็งคว่ำอยู่ และมีหัวฉีดซึ่งจะฉีดน้ำขึ้นไปเกาะเป็นน้ำแข็งที่บล็อกหล่อ เมื่อน้ำแข็งเต็มเบ้าหล่อแล้วก็จะมีไทม์เมอร์ตัดการทำงานของคอมเพรสเซอร์ และจะเปิดฮีทเตอร์ให้ละลายน้ำแข็งลงมายังถังข้างล่าง แล้วก็จะเริ่มขบวนการใหม่อีกครั้งหนึ่ง ส่วนมากแล้วตัวโครงสร้างของเครื่องมักจะใช้เหล็กไร้สนิม Stainless Steel เพราะจะทนทานต่อการผุกร่อนเมื่ออยู่กับน้ำ และจากการสอบถามแล้วพบว่าเครื่องทำน้ำแข็งที่ผลิตขึ้นในประเทศไทยเป็นการเลียนแบบเครื่องทำน้ำแข็งจากต่างประเทศ ไม่ได้มีการคำนวณอย่างแน่นอนซึ่งมีการประมาณอย่างคร่าวๆเท่านั้น แต่ไม่ปรากฏว่าเครื่องทำน้ำแข็งที่ผลิตในประเทศไทยจะเสีย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ง่ายเพราะเท่าที่ผ่านมาไม่ค่อยมีปัญหาด้านการซ่อมแซมเท่าไรนัก นอกจากนั้นยังมีความทนทานอยู่ในเกณฑ์ดีด้วย

เครื่องทำน้ำแข็งสำเร็จรูปแบบยูนิตเริ่มบุกตลาดน้ำแข็งมาเป็นเวลา 10 กว่าปี ซึ่งนอกจากเครื่องทำน้ำแข็งยูนิตแล้ว เมื่อ 5-6 ปีที่ผ่านมานี้ยังมีเครื่องทำน้ำแข็งเกล็ดออกมาเป็นที่นิยมอีกด้วย เรียกว่า น้ำแข็งกรอบอนามัยหรือน้ำแข็งเกล็ด โดยที่เวลารับประทานจะกรอบเคี้ยวสะดวก ซึ่งขณะนี้ก็เป็นส่วนแบ่งตลาดของตลาดน้ำแข็งสำเร็จรูปที่สำคัญอีกอย่างหนึ่ง โดยผู้ผลิตที่สำคัญบริษัทหนึ่งคือ NEWTON ซึ่งเป็นบริษัทที่บุกเบิกเครื่องทำน้ำแข็งเกล็ด โดยพัฒนาเครื่องจากการทดลองทำหลอดผลิตน้ำแข็งเอง ขนาดของเครื่องทำน้ำแข็งเกล็ดนั้นมีหลายขนาดคือตั้งแต่ 3 กิโลกรัม/ชั่วโมง ถึง 35 กิโลกรัม/ชั่วโมง ต้นทุนการผลิตของน้ำแข็งประมาณ 25 สตางค์/กิโลกรัม

ขณะนี้น้ำแข็งเกล็ดเป็นที่นิยมใช้กับเครื่องดื่มต่างๆ เนื่องจากสามารถเคี้ยวได้สะดวก กรอบ ร้านค้าบางร้านมีเครื่องทำน้ำแข็งทั้งสองชนิด ซึ่งเครื่องทำร้ำแข็งเกล็ดนิยมใช้มากตามร้านฟาสต์ฟูต เช่น ร้านโดนัท ร้านอาหารต่างๆ

หลักการย่อๆของเครื่องทำน้ำแข็งเกล็ดคือ จะมีการใช้น้ำไหลสวนทางกับน้ำยา (Counter Flow) โดยเป็นท่อซ้อนกันอยู่สองชั้น ท่อชั้นในให้น้ำจากปั๊มน้ำไหลผ่าน ท่อชั้นนอกให้น้ำยาไหลสวนทางกับน้ำ ซึ่งที่ทางออกน้ำจะแข็งตัว และที่ปลายทางออกจะมีตัวบดน้ำแข็ง กวาดน้ำแข็งออกมาเป็นเกล็ดต่อเนื่องมาเรื่อยๆ โดยไม่มีการหยุดทำงานของคอมเพรสเซอร์ และจะหยุดก็ต่อเมื่อน้ำแข็งเต็มถังเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การสำรวจเครื่องทำน้ำแข็ง

การสำรวจเครื่องทำน้ำแข็งทั่วไป

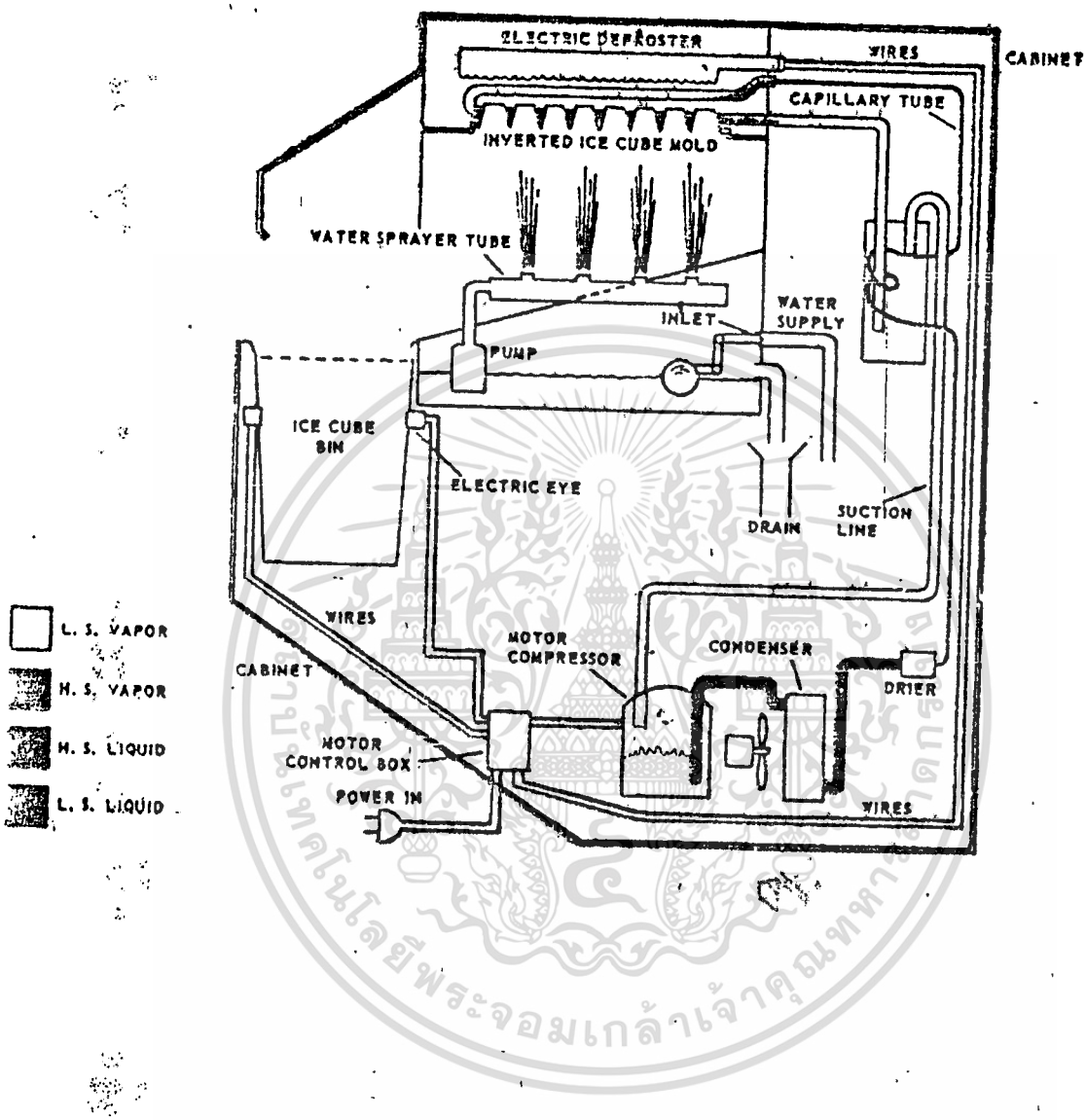
ในการทำเครื่องทำน้ำแข็งขนาดเล็กนั้น กระบวนการที่สำคัญที่สุดก็คือการหาข้อมูล ซึ่งคงไม่มีอะไรดีไปกว่าการสำรวจโดยการขอเยี่ยมชมโรงงานผลิตเครื่องทำน้ำแข็ง โรงแรมที่มีเครื่องทำน้ำแข็งสำเร็จรูปไว้ใช้เอง ฯลฯ ในการขอเข้าเยี่ยมชมกระบวนการในโรงงานหรือสถานที่ต่างๆนั้นได้ทำหนังสือเป็นลายลักษณ์อักษรขอเข้าเยี่ยมชมในโรงงานผลิตเครื่องทำน้ำแข็งสำเร็จรูปหลายโรงงานด้วยกัน ทั้งโรงงานที่ผลิตน้ำแข็งเกล็ดอนามัย แต่ได้รับความร่วมมือเฉพาะโรงงานที่ผลิตเครื่องทำน้ำแข็งเกล็ดอนามัยเท่านั้น ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องขอเยี่ยมชมเครื่องทำน้ำแข็งรูปถ้วยยูนิตโดยหนทางอื่น ซึ่งก็ได้ติดต่อขอเข้าเยี่ยมชมเครื่องทำน้ำแข็งในโรงแรมฮิลตันซึ่งก็ได้รับความร่วมมือเป็นอย่างดี โดยที่เครื่องทำน้ำของทางโรงแรมนั้นเป็นเครื่องทำน้ำแข็งที่สั่งเข้ามาจากต่างประเทศ มีหลักการทำงานคล้ายกับเครื่องทำน้ำแข็งรูปถ้วยยูนิตโดยทั่วไป

สรุปโดยทั่วไปแล้วเครื่องทำน้ำแข็งสำเร็จรูปมีลักษณะการทำงานและกระบวนการดังที่จะกล่าวต่อไปนี้

ระบบเครื่องทำน้ำแข็งก้อนเล็กใช้ระบบควบคุมน้ำยาด้วยแคป.ทิ้ว คอมเพรสเซอร์ คอนเด็นเซอร์ และพัดลมคอนเด็นเซอร์จะรวมกันอยู่ทางส่วนล่างของเครื่อง น้ำยาที่เป็นของเหลวออกจากคอนเด็นเซอร์จะเข้าตัวไดรเออร์และเข้าแคปิ.ทิ้วซึ่งนำไปพันรอบเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนที่ท่อทางดูด และฉีดน้ำยา ซึ่งจะมีแคป.ทิ้วมาพันรอบเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน และจะมีเฉพาะแก๊สที่จะดูดกลับเข้าคอมเพรสเซอร์ทางท่อซักชั่น

น้ำยาจะถูกต่อมาจากก๊อกน้ำ และจะปั๊มฉีดขึ้นไปในแบบของก้อนน้ำแข็ง เมื่อแบบของก้อนน้ำแข็งเย็นเนื่องจากมีท่ออีแวปปอเรเตอร์พันอยู่ น้ำที่ฉีดเป็นฝอยขึ้นไปจะจับเป็นน้ำแข็งรวมตัวเป็นก้อนตามแบบของก้อนน้ำแข็ง จนกระทั่งน้ำเป็นก้อนเต็มจะมีตัวไทม์เมอร์ตัดให้คอมเพรสเซอร์หยุด และจะต่อฮีทเตอร์ซึ่งฝังในอีแวปโปเรเตอร์ให้ทำงาน ฮีทเตอร์ร้อนจะละลายก้อนน้ำแข็งที่ติดกับแบบให้หล่นลงทางเข้าถังเก็บน้ำแข็ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

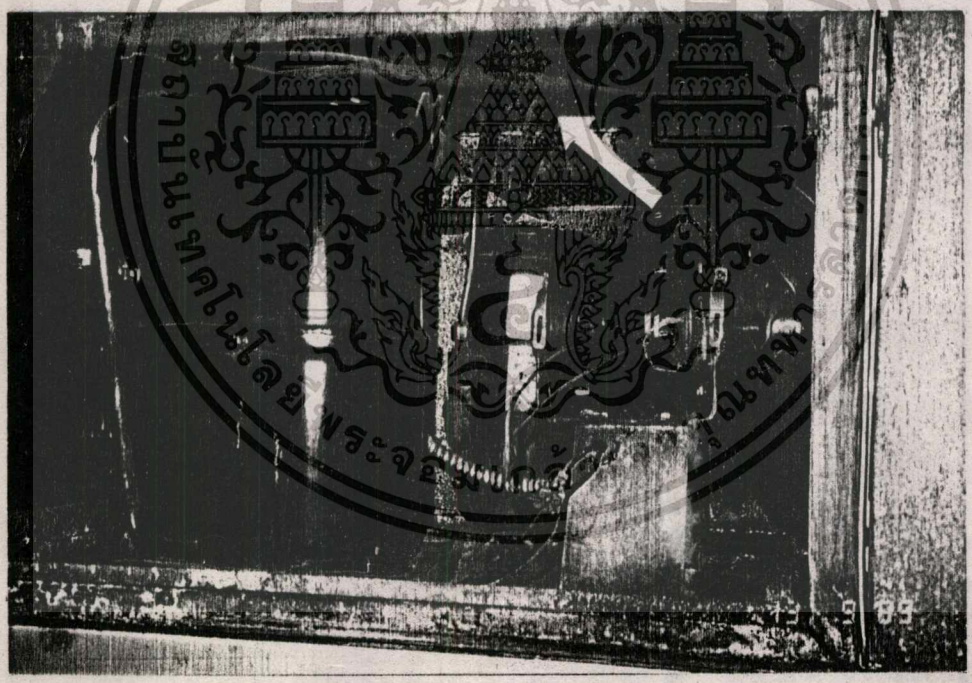


เครื่องทำน้ำแข็งขนาดเล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ระบบเครื่องทำน้ำแข็งสำเร็จรูปของโรงแรมฮิลตัน

ระบบเครื่องทำน้ำแข็งสำเร็จรูปนี้แตกต่างกับระบบที่กล่าวมาเล็กน้อย แต่ลักษณะคล้ายคลึงกัน ซึ่งข้อแตกต่างนั้นก็คือระบบการละลายน้ำแข็งและการนำน้ำแข็งออกจากบล็อกหล่อลงถังเก็บ ในระบบเครื่องทำน้ำแข็งทั่วไปนั้นมักจะใช้ลวดความร้อนในการละลายน้ำแข็ง แต่เครื่องทำน้ำแข็งแบบนี้ใช้ไอร้อนจากคอมเพรสเซอร์เข้าไปละลายน้ำแข้ง ซึ่งอธิบายได้ดังนี้ หลังจากที่น้ำสำหรับทำน้ำแข็งมีการแข็งตัวแล้ว จะมีซิลินอยด์วาวล์ปิดการทำงานของท่อของเหลว (LIQUID) แล้วเปิดซิลินอยล์วาวล์ของท่อไอร้อนให้ไอร้อนเข้าไปถ่ายเทความร้อนเพื่อละลายน้ำแข็ง ดังที่ได้แสดงตามรูปต่อไปนี้



ลูกศรหมายถึงท่อไอร้อนที่ไปละลายน้ำแข็ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความแตกต่างอย่างที่สองก็คือการนำน้ำแข็งจากบล็อกหล่อลงถังเก็บ โดยทั่วไปเมื่อละลายแล้วจะตกลงมาเอง แต่ระบบนี้จะมีฐานล่างปิด-เปิด (ดังแสดงในรูป) โดยที่ตัวฐานจะฝังหัวฉีดไว้ด้วย เมื่อเริ่มกระบวนการทำน้ำแข็งแล้วฐานจะปิดอยู่กับบล็อกหล่อ หัวฉีดจะฉีดจะฉีดน้ำ และเมื่อบล็อกมีน้ำแข็งเต็มแล้ววาวล์จะปิดท่อของเหลว (ท่อ Liquid ของอีแวปปอเรเตอร์) และจะมีวาวล์เปิดท่อไอร้อน (ท่อไอร้อนที่จะจ่ายไปคอนเด็นเซอร์) เพื่อให้ไอร้อนเข้าไปในอีแวปโปเรเตอร์เพื่อละลายน้ำแข็ง หลังจากที่น้ำแข็งถูกละลายจนหลุดจากบล็อก ฐานก็จะเปิดออก หัวฉีดจะหยุดฉีด น้ำแข็งก็จะตกลงฐาน และลงถังเก็บต่อไป

ภาพแสดงฐานตอนเปิดและบล็อกหล่อน้ำแข็ง

ระบบเครื่องทำน้ำแข็งเกล็ดอนามัย

ระบบเครื่องทำน้ำแข็งเกล็ดอนามัย มีระบบการทำความเย็นเหมือนกันแต่มีกระบวนการผลิตน้ำแข็งแตกต่างกัน โดยอีแวปโปเรเตอร์ไม่ได้เป็นบล็อกหล่อแต่จะเป็นกระบอกอี-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

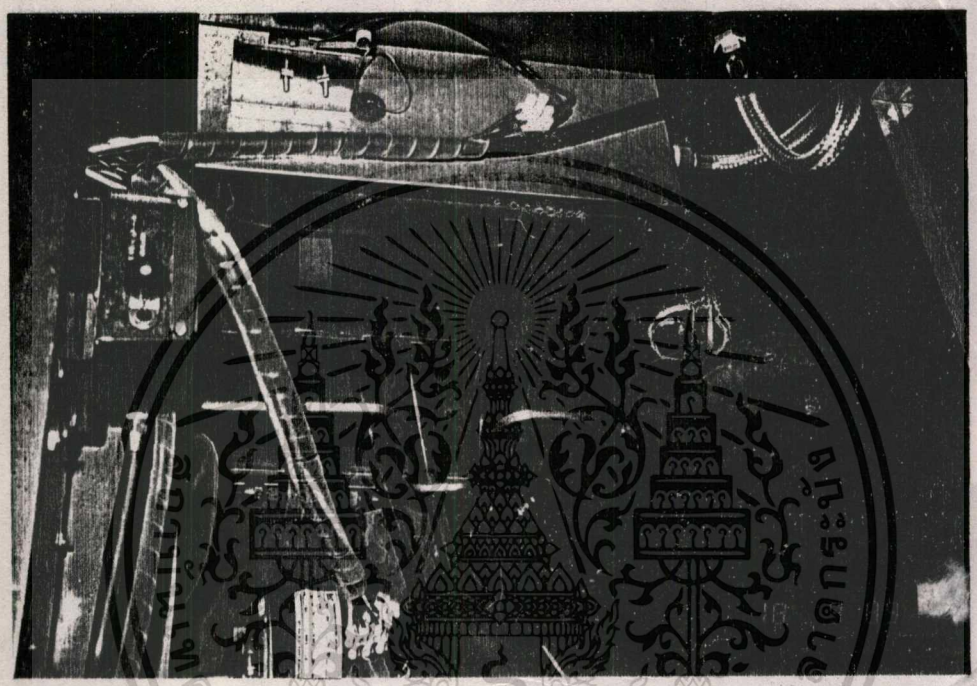
แวปโปเรเตอร์รูปทรงกระบอกซ้อนกันสองอัน โดยที่มีน้ำไหลอยู่ในกระบอกในและมีน้ำยาไหลอยู่ระหว่างทรงกระบอกอันนอกกับทรงกระบอกอันใน (น้ำยาล้อมรอบน้ำ)

ในทรงกระบอกอันในเป็นหัวใจสำคัญของระบบการผลิตน้ำแข็งแบบนี้ จะประกอบไปด้วยท่อน้ำแข็ง เกลียวหมุนรีดน้ำแข็ง และใบกวาดน้ำแข็ง เมื่อน้ำถูกป้อนเข้าไปในกระบอกจะถูกดูดความร้อนโดยน้ำยา และจะเริ่มแข็งตัว ในขณะที่แข็งตัวเกลียวหมุนก็จะหมุนไปด้วยโดยจะรีดน้ำแข็งให้ออกไปที่ปลายกระบอก และน้ำแข็งจะถูกใบกวาดน้ำแข็งกวาดลงในถังเก็บต่อไป ในถังเก็บน้ำแข็งจะมีเซ็นเซอร์คอยเช็คระดับน้ำแข็งว่าเต็มถังแล้วหรือยัง

จะเห็นได้ว่าระบบนี้จะไม่มีการหยุดสำหรับละลายน้ำแข็ง ดังนั้นน้ำแข็งที่ออกมาจะมีลักษณะผิวแห้ง ไม่เปียกเหมือนระบบที่มีการละลายน้ำแข็ง และยังทะให้ต้นทุนในการผลิตน้ำแข็งต่ำลงด้วย

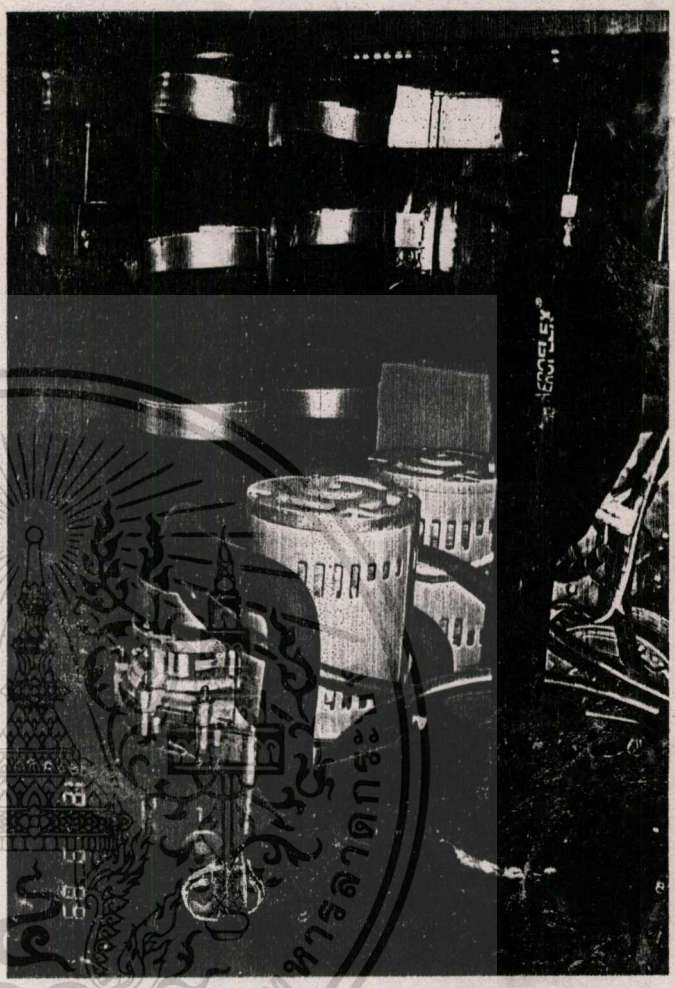
เซ็นเซอร์วัดระดับน้ำแข็ง (แบบเช็คอุณหภูมิ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

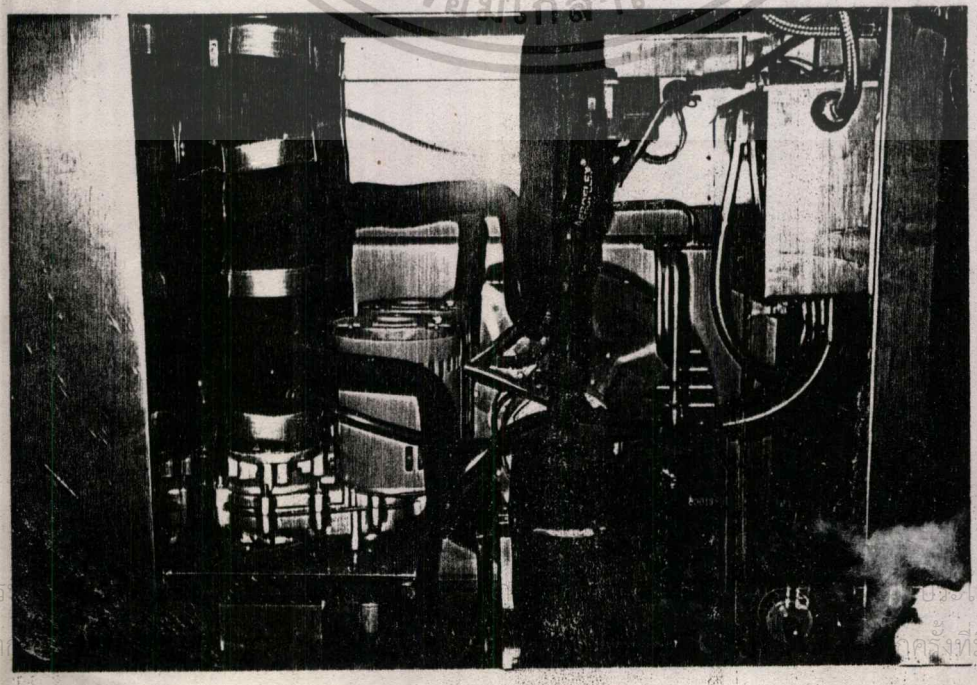


กล่องสี่เหลี่ยมที่เห็น คือ ถังพักน้ำมีหน้าที่พักน้ำและกรองน้ำก้อนเข้าอีแวปโปเรเตอร์

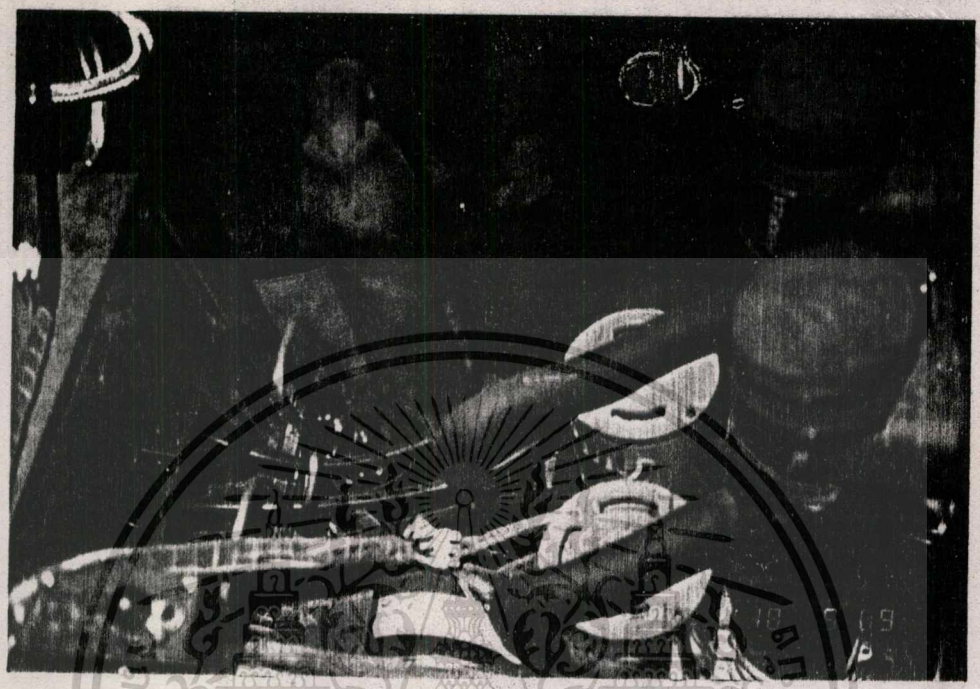
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



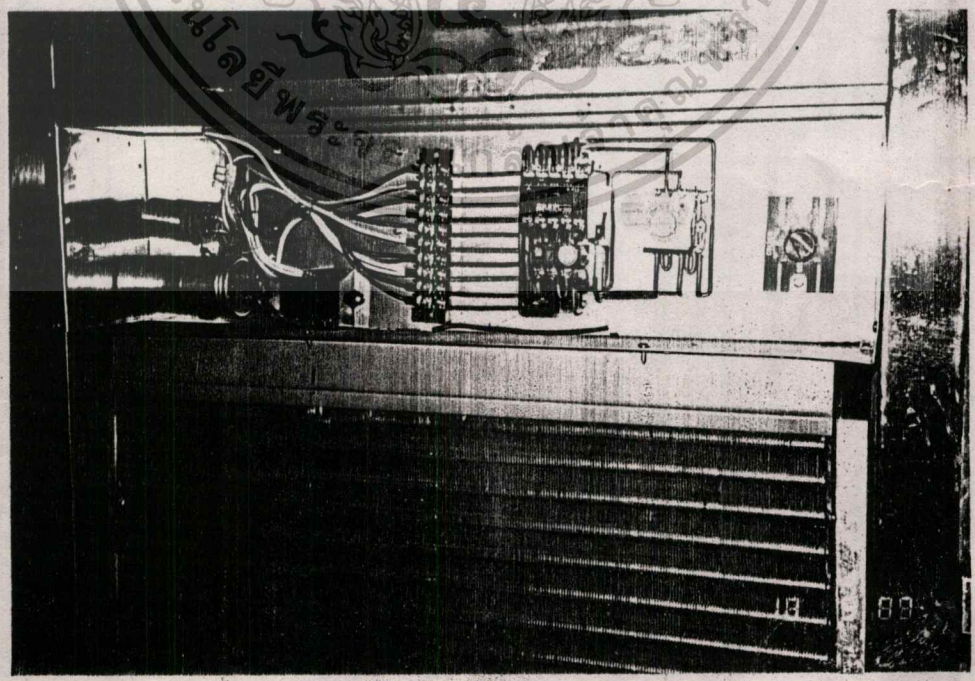
จากรูป ท่อทรงกระบอกสองอัน
(ที่มีมอเตอร์ขับอยู่)
คือทรงกระบอกอีแวป-
โปเรเตอร์



เอกสาร ... สวนวิทยบริการ ... ไม่ว่า ... ครั้งที่มีการนำไปใช้

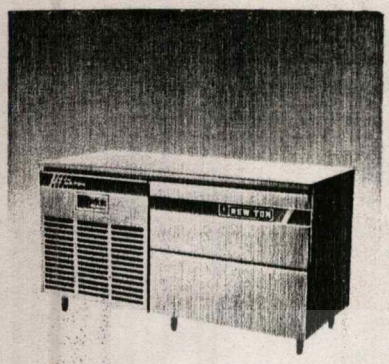


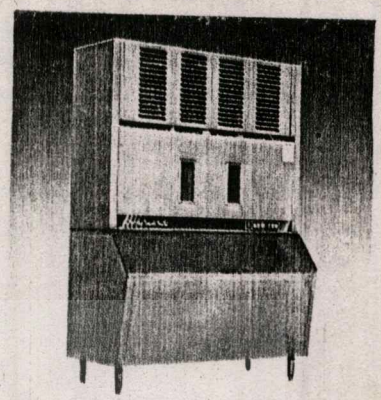
แสดงการจัดเรียงอุปกรณ์ (มองจากด้านบน)

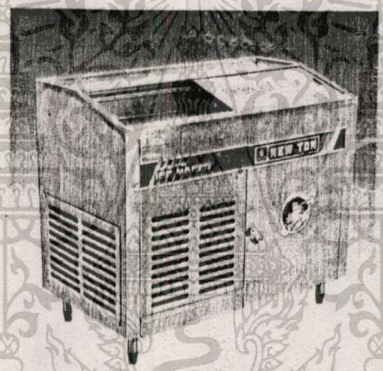


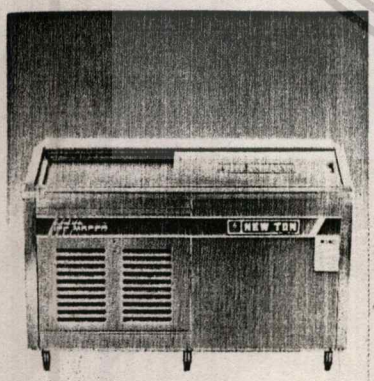
แสดงไทม์เมอร์ เบรกเกอร์ และตัวควบคุมต่างๆ

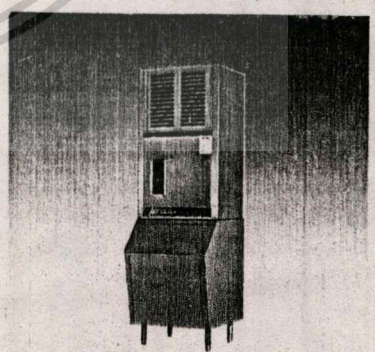
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้











เครื่องทำน้ำแข็งเกล็ดขนาดต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณภาระความร้อน (Cooling Load Calculations)

1. ภาระความร้อน

ตามปกติภาระความร้อนของเครื่องทำความเย็นนั้นไม่ได้เกิดมาจากแหล่งความร้อนเพียงแหล่งเดียว แต่มันเกิดมาจากทุกๆแหล่งรวมกัน แหล่งความร้อนที่จะทำให้เกิดภาระความร้อนนั้นแบ่งออกเป็น

(1) ความร้อนที่เกิดมาจากภายนอกเครื่องทำความเย็นโดยผ่านฝาผนังที่เป็นฉนวน

(2) ความร้อนที่ผ่านเข้าไปจากการแผ่รังสีซึ่งผ่านกระจกหรือวัสดุใสต่างๆโดยตรง

(3) ความร้อนที่ผ่านเข้าไปโดยการผ่านทางประตูที่เปิดอยู่หรือผ่านทางรอยแยกตามขอบหน้าต่างและประตู

(4) ความร้อนที่เกิดจากคนซึ่งใช้เครื่องทำความเย็น

(5) ความร้อนที่เกิดจากอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆที่ติดอยู่กับเครื่องทำความเย็น เช่น ไฟ มอเตอร์ อุปกรณ์อิเล็คทรอนิคส์ เป็นต้น

ในตอนท้ายๆเนื้อหาเราจะพบว่า แหล่งความร้อนหนึ่งๆจะเกี่ยวข้องกับผลรวมของภาระความร้อนทั้งหมดด้วย

2. การคำนวณภาระความร้อน

โดยทั่วไปเมื่อเราจะคำนวณภาระความร้อนทั้งหมดนั้น เราจะแบ่งออกเป็นส่วนต่างๆตามจำนวนที่ทำให้เกิดความร้อนนั้น จากนั้นก็เอาส่วนต่างๆที่คำนวณได้มารวมกัน เราก็จะได้ผลรวมของภาระความร้อนทั้งหมด ในเรื่องเครื่องทำความเย็นถ้าจะพูดถึงแหล่งภาระความร้อนหลักๆ เราจะแบ่งได้เป็น 3 ประเภท

(1) ภาระความร้อนอันเนื่องมาจากประตูและผนังของเครื่องทำความเย็น

(2) ภาระความร้อนอันเนื่องมาจากการแลกเปลี่ยนอากาศระหว่างภายในกับภายนอกตู้

(3) ภาระความร้อนอันเนื่องมาจากสิ่งอื่นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ภาระความร้อนอันเนื่องมาจากประตู ผนังของเครื่องทำความเย็น

ภาระความร้อนนี้ในบางครั้งเราเรียกว่า ภาระความร้อนเนื่องจากการรั่วของผนัง จะเป็นการวัดภาระความร้อนซึ่งเกิดการนำความร้อนผ่านผนังของเครื่องจากภายนอกเข้ามาสู่ภายใน ตามที่เราทราบกันแล้วว่าไม่มีฉนวนใดที่จะกันความร้อนได้ 100 % ดังนั้นมันจึงเป็นเรื่องปกติที่จะมีความร้อนซึ่งผ่านจากภายนอกเข้ามาสู่ภายในเมื่อไรก็ตามที่อุณหภูมิภายในต่ำกว่าอุณหภูมิภายนอก ภาระความร้อนชนิดนี้จะมีอยู่ในเครื่องทำความเย็นทุกชนิดไม่ว่าแบบใดก็ตาม แต่มีข้อยกเว้นอยู่ชนิดหนึ่งคือในกรณีอุปกรณ์ที่ทำให้น้ำเย็นที่ซึ่งมีพื้นที่ภายนอกเล็กและผนังของอุปกรณ์ชนิดนี้เป็นฉนวนอย่างดี ในกรณีนี้ความร้อนที่ผ่านเข้าไปก็จะน้อยมากเมื่อเทียบกับผลรวมความร้อนทั้งหมด ดังนั้นจึงพอยกเว้นความร้อนชนิดนี้ได้ แต่ในทางตรงกันข้ามถ้าจะพูดถึงเครื่องปรับอากาศที่ใช้เก็บอาหารในทางการค้าหรือไม่ใช่ทางการค้าก็ตาม ภาระความร้อนที่เกิดจากประตู ผนังนี้จะเป็นภาระความร้อนที่มากที่สุดเมื่อเทียบกับผลรวมของภาระความร้อนทั้งหมด

4. ภาระความร้อนอันเนื่องมาจากการแลกเปลี่ยนอากาศระหว่างภายในกับภายนอกตู้

เมื่อประตูของตู้ถูกเปิดออก อากาศภายนอกซึ่งมีอุณหภูมิสูงกว่าภายในจะเข้าไปแทนที่อากาศภายใน ในการนี้ก็จะเป็นการสูญเสียความเย็นอันเนื่องมาจากการเปิดประตู ความร้อนซึ่งมาจากภายนอกนี้จะถูกลดอุณหภูมิและความชื้นไปสู่สภาวะที่มีอุณหภูมิและความชื้นเท่ากับภายในตู้แล้วจะกลับกลายเป็นส่วนหนึ่งของภาระความร้อนทั้งหมดของอุปกรณ์ต่างๆ ภาระส่วนนี้เองที่เราเรียกว่า ภาระความร้อนอันเนื่องมาจากการแลกเปลี่ยนระหว่างภายในกับนอกตู้

ความสัมพันธ์ระหว่างภาระความร้อนอันเนื่องมาจากการแลกเปลี่ยนอากาศกับภาระความร้อนทั้งหมดนั้นขึ้นอยู่กับวิธีการใช้ โดยที่วิธีการใช้ในบางครั้งก็ไม่ได้ทำให้เกิดภาระความร้อนชนิดนี้เลย แต่ในวิธีการใช้บางอย่างกลับทำให้เกิดภาระความร้อนชนิดนี้มากเมื่อเทียบกันผลรวมความร้อนทั้งหมด ยกตัวอย่างเช่น เครื่องทำน้ำเย็นไม่มีประตูและฝาผนังอื่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ต้องเปิด-ปิดตลอดเวลา ดังนั้นจึงไม่มีอากาศที่จะผ่านเข้าไปได้จึงไม่มีภาระความร้อนชนิดนี้เกิดขึ้น ในทางตรงกันข้ามถ้ามีประตูหรือมีฝาผนังเปิด-ปิดตลอดเวลา ภาระความร้อนชนิดนี้ก็จะเกิดขึ้น ในบางครั้งภาระความร้อนนี้อาจเกิดตามรอยรั่ว รอยแตกตามประตูหรือส่วนต่างๆตามตัวตู้ ถ้าจะพิจารณาถึงเครื่องปรับอากาศนั้นกลับจะต้องการให้อากาศภายนอกเข้าสู่บริเวณภายในห้องให้มากเพื่อจุดประสงค์ในการให้อากาศหมุนเวียนภายในห้องเมื่อจำนวนคนในห้องมากขึ้น ปริมาณอากาศบริสุทธิ์จากภายนอกก็ยิ่งถูกต้องการนำเข้ามากขึ้น และภาระความร้อนนี้ก็เป็นผลให้เกิดการทำความเย็นและการลดความชื้นไปตามสภาพกำหนดแก่อากาศมากขึ้น ซึ่งก็จะถูกนับเข้าเป็นส่วนหนึ่งของภาระความร้อนทั้งหมดนั่นเอง

เกี่ยวกับเรื่องเครื่องปรับอากาศ ภาระความร้อนการแลกเปลี่ยนอากาศนี้จะถูกเรียกว่า ภาระของการไหลเวียนของอากาศเมื่ออากาศที่ถูกนำเข้ามาภายในด้วยจุดประสงค์ในการระบายอากาศ และจะถูกเรียกว่า ภาระของการแทรกซึมก็ต่อเมื่ออากาศจากภายนอกนั้นซึมผ่านตามรอยรั่ว รอยแตกตามประตูและผนังอื่นๆ การใช้เครื่องปรับอากาศในทุกสถานที่จะต้องมีภาระความร้อนทั้งสองนี้ไม่อันใดก็อันหนึ่งเสมอ แต่น้อยครั้งที่จะเกิดภาระทั้งสองนี้ขึ้นพร้อมกัน

ในทางการค้าประตูของตู้เย็นจะถูกออกแบบมาอย่างดี รอยรั่วตามช่องต่างๆจะถูกปิดสนิทหรือถ้ามีก็แทบจะน้อยมาก ดังนั้นการรั่วของอากาศรอบๆประตู ผนังแทบจะได้รับการยกเว้น

ตามความจริงการเกิดการรั่วของอากาศจากภายนอกเข้าสู่ภายในของช่องทำความเย็นหรือช่องทำน้ำแข็งตามรอยแตกของประตูหรือผนังอื่นๆไม่ควรจะให้ความสำคัญมากนัก เพราะว่าการรั่วนี้อาจจะมีหรือไม่มีผลต่อภาระความร้อนของตู้เย็น แต่การที่ไอน้ำซึ่งเกิดจากการกลั่นตัวของอากาศอุ่นซึ่งเข้ามาตามรอยแตกแยกนี้ก็จะเป็นปัญหาและควรได้รับการป้องกันไว้ด้วย

จริงๆแล้วการตั้งประตูในแนวตรงและในที่ๆเหมาะสมพร้อมกับมีประเก็นและมีซีลก็จะช่วยลดการรั่วของอากาศได้ การออกแบบโดยการใช้ลวดซึ่งตัวทำความร้อนวางไว้รอบประตูจะเป็นการป้องกันการการกลั่นตัวบนผิวนี้ เพื่อจะรักษาอุณหภูมิให้สูงกว่าอุณหภูมิจุดน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค้างของอากาศที่รั่วเข้าไป การมีช่องอากาศเล็กๆเพื่อที่จะทำให้ความดันระหว่างภายในและภายนอกเท่ากันของช่องทำความเย็นและช่องทำน้ำแข็งก็เป็นสิ่งสำคัญด้วย ถ้าปราศจากช่องนี้แล้วความดันที่ต่ำกว่าศูนย์จะทำให้เกิดความดันตกภายในช่องทำความเย็นหรือช่องทำน้ำแข็ง ซึ่งจะเป็นไปตามกฎของชาล์ลเมื่ออุณหภูมิของอากาศอุ่นซึ่งเข้าไปทางตามช่องประตูที่เปิด-ปิดก็จะถูกลดไปสู่อุณหภูมิตามที่กำหนดไว้ ตามธรรมชาติผลต่างความดันอากาศระหว่างภายในกับภายนอกจะเป็นตัวเพิ่มโอกาสในการเกิดการรั่วรอบๆซีลตามประตูตลอดจนผนังอื่นๆ เช่น ตามท่อน้ำและท่อน้ำยา ท่อน้ำทิ้งและตามทางเดินไฟฟ้าซึ่งผ่านไปสู่ภายนอก

5.ภาระความร้อนอันเนื่องมาจากสิ่งอื่นๆ

ภาระความร้อนชนิดนี้บางครั้งเราอาจเรียกว่าเป็นภาระเพิ่มเติม โดยที่ภาระความร้อนชนิดนี้จะมาจากแหล่งความร้อนต่างๆนอกเหนือจากที่กล่าวมา แต่ถ้าจะพิจารณาถึงภาระความร้อนหลักของชนิดนี้ก็คือ คน รองลงมาก็คือ ไฟและอุปกรณ์ไฟฟ้าอื่นๆที่อยู่ภายในตู้

ในการใช้เครื่องทำความเย็นทางการค้า ภาระความร้อนอันเนื่องมาจากสิ่งอื่นๆนี้จะน้อยมากโดยเปรียบเทียบแล้ว โดยปกติจะประกอบไปด้วยความร้อนจากดวงไฟ มอเตอร์พัดลมซึ่งถูกติดตั้งไว้ข้างในตู้

ในเครื่องปรับอากาศจะไม่มีภาระความร้อนชนิดนี้ แต่ก็ไม่ได้หมายความว่าคนและอุปกรณ์ต่างๆจะไม่ได้เป็นส่วนหนึ่งของภาระความร้อนทั้งหมดของเครื่องปรับอากาศ ในทางตรงกันข้าม คนและอุปกรณ์อื่นๆนี้จะเป็นปัจจัยหลักในการพิจารณาภาระความร้อนด้วย แต่จะถูกพิจารณาแยกออกมาต่างหาก ตัวอย่างเช่น ในการติดตั้งเครื่องปรับอากาศในสถานที่ๆมีคนจำนวนมาก เช่น โบสถ์ โรงภาพยนตร์ ภัตตาคาร เป็นต้น ภาระความร้อนอันเนื่องมาจากคนจะเป็นปัจจัยหลักใหญ่ในการคำนวณภาระความร้อนทั้งหมด

6.แฟคเตอร์ในการคำนวณภาระความร้อนเนื่องมาจากผนัง

ปริมาณความร้อนที่ผ่านผนังของตู้ต่อหน่วยเวลาจะเป็นฟังก์ชั่นของแฟ.เตอร์ 3 ชนิด โดยความสัมพันธ์จะเป็นดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$Q = (A)(U)(TD) \quad \ldots\ldots\ldots(1)$$

โดยที่ Q คืออัตราของปริมาณความร้อนที่ไหลผ่าน (วัตต์)

A คือพื้นที่ภายนอกของผนัง (ตารางเมตร)

U คือสัมประสิทธิ์ของการส่งผ่านความร้อน (วัตต์ต่อตารางเมตรต่อเคลวิน)

TD คือผลต่างระหว่างอุณหภูมิของผนังด้านนอกและด้านใน (เคลวิน)

สัมประสทธิ์การส่งผ่านหรือ U จะขึ้นอยู่กันผนัง อัตราการไหลของความร้อนผนังจะแปรผันโดยตรงตามพื้นที่ผิวของผนังและแปรผันตามผลต่างของอุณหภูมิที่ผ่านผนัง เพราะว่าค่า U ที่กำหนดมานั้นมีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตรต่อเคลวิน ดังนั้นอัตราการไหลของความร้อนที่ผ่านผนังจะถูกหาโดยการคูณค่า U กับพื้นที่ผนังซึ่งมีหน่วยเป็นตารางเมตรและคูณกับผลต่างของอุณหภูมิที่ผ่านผนังซึ่งมีหน่วยเป็นเคลวินหรือเซลเซียส นั่นคือ จะเป็นไปตามสมการที่ (1)

7. การหาค่า U

สำหรับค่า U ที่จะใช้กับชนิดของผนังนั้นสามารถคำนวณได้อย่างง่ายๆ โดยมีข้อแม้ว่าเราต้องทราบค่าความสามารถในการนำความร้อน (conductivity) หรือค่าตัวนำความร้อน (conductance) ของแต่ละวัสดุที่ใช้ทำผนัง โดยทั่วไปค่าความสามารถในการนำความร้อนหรือค่าตัวนำความร้อนของวัสดุที่ใช้ทำผนังจะหาได้ในตารางซึ่งทางผู้ผลิตวัสดุชนิดนั้นจัดทำขึ้นมา ดังเช่นตารางที่ 1 แสดงค่าความสามารถในการนำความร้อนหรือค่าตัวนำความร้อนของวัสดุที่ใช้ในการทำผนังของห้องเก็บความเย็นที่พบบ่อยๆ

ค่าความสามารถในการนำความร้อนหรือค่า K ของวัสดุซึ่งมีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตรต่อเคลวินเป็นค่าที่วัดความสามารถของความร้อนในการที่จะผ่านผนังซึ่งหนา 1 เมตร มีพื้นที่ 1 ตารางเมตรในแต่ละผลต่างของอุณหภูมิเป็นเคลวิน

ด้วยเหตุที่ค่าความสามารถในการนำความร้อนหรือค่า K หาได้จากวัสดุที่เหมือนกันเท่านั้น และค่าที่กำหนดมานี้จะใช้กับวัสดุซึ่งหนา 1 เมตรเสมอ ส่วนค่าตัวนำความร้อนหรือค่า C ซึ่งมีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตรต่อเคลวิน หาได้จากวัสดุทั้งที่เป็นชนิดเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กันและต่างชนิดกันโดยจำกัดความหนาของวัสดุลงไป

สำหรับวัสดุชนิดเดียวกัน ค่าตัวนำความร้อนสำหรับความหนาที่กำหนดให้ของวัสดุเราสามารถหาโดยการหารค่า K ด้วยค่าความหนาซึ่งหน่วยเป็นเมตร ดังนั้นจะได้ว่า

$$C = K/X \quad \text{.....(2)}$$

โดยที่ X คือความหนาของวัสดุ (เมตร)

ค่าความต้านทานของผนังหรือวัสดุนั้นเป็นสัดส่วนกลับของความสามารถในการส่งผ่านความร้อนทะลุผนังหรือวัสดุ เพราะฉะนั้นผลรวมของค่าความต้านทานทั้งหมดของผนังอาจแสดงในรูปของค่าสัมประสิทธิ์ของการส่งผ่านความร้อน ด้วยเหตุที่ค่าความต้านทานความร้อนของแต่ละวัสดุสามารถแสดงในรูปของค่าความสามารถในการนำความร้อนหรือค่าตัวนำความร้อน นั่นคือจะได้ว่า

ค่าความต้านทานความร้อนทั้งหมด $K = 1/U$

ค่าความต้านทานความร้อนของแต่ละวัสดุ $= 1/K$ หรือ $1/C$ หรือ X/K

เทอม $1/K$ และ $1/C$ แสดงถึงการต่อต้านความร้อนที่ไหลผ่านวัสดุจากผิวหน้าหนึ่งไปสู่ผิวหน้าหนึ่งเท่านั้น โดยไม่ได้คำนึงถึงความต้านทานความร้อนของแผ่นฟิล์มบางๆของอากาศที่ติดอยู่บนผิวหน้าทั้งหมด ในการหาความต้านทานความร้อนที่ไหลผ่านผนังบนผิวด้านหนึ่งไปสู่ผิวอีกด้านหนึ่งนั้น ความต้านทานของอากาศของผิวทั้งสองด้านควรจะนำมาพิจารณาด้วย ค่าสัมประสิทธิ์ของฟิล์มอากาศหรือค่าการนำความร้อนบนผิวหน้าสำหรับความเร็วลมเฉลี่ยถูกกำหนดไว้ในตารางที่ 1

เมื่อเราใช้วัสดุในการทำผนังหลายๆชั้นโดยแต่ละชั้นใช้วัสดุต่างชนิดกัน ผลรวมของค่าความต้านทานความร้อนของผนังจะเท่ากับผลรวมของค่าความต้านทานความร้อนของแต่ละวัสดุที่ใช้ทำผนังรวมทั้งฟิล์มอากาศด้วย นั่นคือ

$$1/U = 1/f_1 + X/K_1 + X/K_2 + X/K_n + 1/f_o \quad \text{..... (3)}$$

ดังนั้น

$$U = 1 / (1/f_1 + X/K_1 + X/K_2 + X/K_n + 1/f_o)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1

Thermal Conductivity of Materials Used in Cold Storage Walls

Material	Description	Thermal Conductivity (k) W/m K	Thermal Conductance (C) W/m² K
Masonry	Brick, common	0.72	
	Brick, face	1.30	
	Concrete, mortar or plaster	0.72	
	Concrete, sand aggregate	1.73	
	Concrete block		
	Sand aggregate 100 mm		7.95
	Sand aggregate 200 mm		5.11
	Sand aggregate 300 mm		4.43
	Cinder aggregate 100 mm		5.11
	Cinder aggregate 200 mm		3.29
	Cinder aggregate 300 mm		3.01
	Gypsum plaster 13 mm		17.72
	Tile, hollow clay 100 mm		5.11
	Tile, hollow clay 150 mm		3.75
	Tile, hollow clay 200 mm		3.07
Woods	Maple, oak, similar hardwoods	0.16	
	Fir, pine, similar softwoods	0.12	
	Plywood 13 mm		9.09
	Plywood 19 mm		6.08
Roofing	Asphalt roll roofing		36.91
	Built-up roofing 9 mm		17.03
Insulating materials	Blanket or batt, mineral or glass fiber	0.039	
	Board or slab		
	Cellular glass	0.058	
	Corkboard	0.043	
	Glass fiber	0.036	
	Expanded polystyrene (smooth)	0.029	
	Expanded polystyrene (cut cell)	0.036	
	Expanded polyurethane	0.025	
	Loose fill		
	Milled paper or wood pulp	0.039	
	Sawdust or shavings	0.065	
	Mineral wool (rock, glass, slag)	0.039	
	Redwood bark	0.037	
	Wood fiber (soft woods)	0.043	
Surface conductance (convection coefficient)	Still air		9.37
	Moving air (3.35 m/s or 12 km/h)		22.70
	Moving air (6.7 m/s or 24 km/h)		34.10
Glass	Single pane		6.42
	Two pane		2.61
	Three pane		1.65
	Four pane		1.19

Adapted from *ASHRAE Data Book*, Fundamentals Volume, 1972 Edition, by permission of the American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2 สัมประสิทธิ์ของการส่งผ่านความร้อน (U) ของผนังด้านบน ด้านข้างและพื้นของเครื่องทำความเย็น

ความหนา	ค่าแฟคเตอร์ K ต่างๆ (W/m K)							
(mm)	0.025	0.030	0.035	0.040	0.045	0.050	0.055	0.060
25	0.732	0.834	0.931	1.013	1.091	1.163	1.229	0.060
50	0.420	0.489	0.556	0.617	0.675	0.731	0.784	0.834
75	0.295	0.346	0.397	0.443	0.489	0.533	0.576	0.617
100	0.227	0.267	0.308	0.346	0.383	0.420	0.455	0.489
125	0.182	0.218	0.252	0.283	0.315	0.346	0.376	0.405
150	0.153	0.184	0.213	0.240	0.267	0.294	0.320	0.346
175	0.136	0.159	0.185	0.208	0.232	0.256	0.279	0.302
200	0.119	0.140	0.163	0.184	0.206	0.227	0.247	0.267

สมมติค่าความต้านทาน R ของส่วนประกอบอื่นๆที่ 13.86 $(mm^2)(K)/W$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่

$1/f_i$ คือค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนของผนังด้านใน พื้น เพดาน

$1/f_o$ คือค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนของผนังด้านนอก พื้น หลังคา

หมายเหตุ : เมื่อใช้วัสดุต่างชนิดกัน ค่า 1/C จะแทนค่า X/K

8. ความแตกต่างของอุณหภูมิที่ผ่านเพดานและพื้น

เมื่อเครื่องทำความเย็นถูกตั้งไว้ภายในตึกและมีช่องว่างเพียงพอระหว่างผนังด้านบนสุดของเครื่องทำความเย็นและเพดานของตึกที่จะทำให้เกิดการหมุนเวียนของอากาศเหนือผนังด้านบนของเครื่อง ผนังด้านบนของเครื่องทำความเย็นก็จะอยู่ในสภาวะเช่นเดียวกับผนังด้านในของตึก และเช่นเดียวกันเมื่อผนังด้านบนของเครื่องทำความเย็นถูกวางไว้กลางแจ้ง ผนังด้านบนของเครื่องก็จะอยู่ในสภาวะเช่นเดียวกับผนังภายนอกตึก สภาวะเช่นนี้จะเป็นกับพื้นเหมือนกันยกเว้นในกรณีที่พื้นของเครื่องทำความเย็นวางอยู่บนแท่นไม้บนพื้นอีกทีหนึ่ง ตามกฎทั่วๆไปอุณหภูมิของพื้นใต้แท่นไม้จะแปรผันตามจำนวนวงปีของไม้เล็กน้อยเท่านั้น และจะน้อยกว่าอุณหภูมิกระเปาะแห้งกลางแจ้งในฤดูร้อน อุณหภูมิของพื้นดินจะใช้ในการหาผลต่างของอุณหภูมิที่ผ่านพื้นของห้องเย็นซึ่งให้ไว้ในตารางที่ 3 และจะเป็นพื้นฐานในการจำกัดเขตในการกำหนดอุณหภูมิกระเปาะแห้งที่อยู่กลางแจ้งในฤดูหนาว

ที่ๆซึ่งพื้นของช่องทำน้ำแข็งถูกวางสัมผัสกับพื้นดินโดยตรงควรจะมีการป้องกันการระเหยและการแข็งตัวของน้ำใต้พื้นของช่องทำน้ำแข็ง เพราะแรงซึ่งเกิดจากการขยายตัวของการเป็นน้ำแข็งจะทำให้เกิดความเสียหายอย่างรุนแรงกับโครงสร้างของช่องทำน้ำแข็งได้ ผลพลอยของการป้องกันนี้จะช่วยลดอุณหภูมิของพื้นที่มีต่อช่องน่าน้ำแข็งด้วยในกรณีที่เกิดความร้อนของพื้นขึ้นเมื่ออุณหภูมิของช่องทำน้ำแข็งใกล้จุดเยือกแข็ง ท่อน้ำอากาศอุ่น ขดลวดทำความร้อน และท่อดอยล์สำหรับการไหลเวียนของน้ำเกลือหรือวิธีการในการละลายน้ำแข็งได้ถูกใช้เพื่อให้ความร้อนเท่าที่จำเป็นต่อการรักษาระดับอุณหภูมิของพื้นให้อยู่สูงกว่าจุดเยือกแข็ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3 ค่าอุณหภูมิต่างๆของพื้นด้านล่างของเครื่องทำความเย็น (เซลเซียส)

อุณหภูมิกลางแจ้งในฤดูหนาวที่กำหนด (เซลเซียส)	อุณหภูมิที่พื้นด้านล่างที่ออกแบบไว้ (เซลเซียส)
-40	7
-35	10
-30	12
-25	15
-20	17
-15	20
-10	22
- 5	25
0	27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9. ผลของรังสีดวงอาทิตย์

เมื่อไรก็ตามที่ผนังของเครื่องทำความเย็นอยู่ในสภาวะที่ได้รับความร้อนจากการแผ่รังสีไม่ว่าจะเป็นจากดวงอาทิตย์หรือจากแหล่งความร้อนอื่นๆ อุณหภูมิพื้นผิวภายนอกของผนังก็จะสูงกว่าอุณหภูมิของอากาศซึ่งอยู่รอบๆมาก ตัวอย่างของสภาวะเช่นนี้ที่เราคุ้นเคยกันก็คือการเพิ่มอุณหภูมิพื้นผิวของรถยนต์ที่จอดไว้กลางแจ้งเวลากลางวันในสวนสาธารณะ อุณหภูมิของผิวเหล็กจะสูงกว่าอากาศโดยรอบมากมาย จำนวนอุณหภูมิที่สูงกว่าอากาศรอบๆนี้จะขึ้นอยู่กับปริมาณของพลังงานในการแผ่รังสีที่ประทะกับพื้นผิว โดยที่คลื่นรังสีนี้อาจจะสะท้อนจากหรือถูกดูดโดยวัสดุทึบแสงใดๆที่ซึ่งพวกมันประทะก็ได้ ถ้าเป็นสีอ่อนพื้นเรียบแนวโน้มในการสะท้อนจะมากกว่าผิวสีเข้มเนื้อผิวหยาบ เพราะฉนั้นอุณหภูมิของผิวเรียบสีอ่อนจะน้อยกว่าผิวสีเข้มเนื้อหยาบเล็กน้อยภายใต้สภาวะที่มีการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์ที่เดียวกัน

เพราะว่าการเพิ่มอุณหภูมิพื้นผิวภายนอกจะเป็นการเพิ่มผลต่างของอุณหภูมิที่ผ่านผนัง ดังนั้นผลต่างของอุณหภูมิที่ผ่านกำแพงภายใต้แสงอาทิตย์จะต้องถูกแก้ไขเพื่อชดเชยผลจากดวงอาทิตย์ แฟคเตอร์ในการแก้ไขเหตุการณ์เช่นนี้ถูกให้ในตารางที่ 4 ค่าเหล่านี้จะถูกบวกเข้ากับค่าผลต่างของอุณหภูมิตามปกติ สำหรับผนังที่ตั้งรงกับมุมไปในทิศทางตามในตารางที่ 4 ก็ต้องใช้ค่าเฉลี่ยด้วย

10. การคำนวณหาค่าภาระความร้อนเนื่องจากผนังของเครื่องทำความเย็น

ในการหาภาระความร้อนชนิดนี้ ความร้อนที่ส่งผ่านผนังทั้งหมด รวมทั้งพื้นและเพดานควรนำมาพิจารณาด้วย เมื่อผนังหลายๆด้านหรือด้านๆหนึ่งของผนังประกอบไปด้วยโครงสร้างที่แตกต่างกันและมีค่า U ต่างๆกัน การส่งผ่านความร้อนเข้ามาตามส่วนต่างๆก็ต้องคำนวณแยกออกไปต่างหาก ผนังซึ่งมีค่า U เหมือนกันอาจจะเอามารวมไว้ด้วยกันถึงแม้จะมีอุณหภูมิที่แตกต่างกันของผนังในที่เดียวกันก็ตาม ในแง่เดียวกัน ที่ๆซึ่งมีค่า U แตกต่างกันเล็กน้อยและหรือพื้นที่ของผนังเล็กนั้น ความแตกต่างของค่า U ก็สามารถละได้และผนังหรือส่วนของผนังก็อาจถูกจัดไว้ด้วยกันเพื่อใช้ในการคำนวณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4 ค่าอนุญาตสำหรับการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์

(ค่าเหล่านี้จะต้องถูกบวกเข้าไปกับค่าผลต่างของอุณหภูมิสำหรับการคำนวณการรั่วของความร้อนเพื่อที่จะชดเชยผลของดวงอาทิตย์ แต่ค่าจะไม่ใช้ออกแบบเครื่องปรับอากาศ)

ชนิดของผิว	ด้านต่างๆของผนัง ทิศตะวันออก	ทิศใต้	ทิศตะวันตก	ด้านแนวนอน
พื้นสีเข้ม เช่น				
Slate roofing				
Tar roofing	5	3	5	11
Black paints				
พื้นสีปานกลาง เช่น				
ไม้ที่ไม่ได้ทาสี				
อิฐ				
Red tile	3	2	3	8
ซีเมนต์สีเข้ม				
แดง เทา				
หรือเขียว				
พื้นสีอ่อน เช่น				
หินสีขาว				
ซีเมนต์สีอ่อนๆ	2	1	2	5
พื้นทาสีขาว				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

11. การคำนวณภาระความร้อนเนื่องจากการแลกเปลี่ยนอากาศ

ความร้อนที่เกิดมาจากการแลกเปลี่ยนอากาศในช่องว่างของเครื่องทำความเย็นนั้นยากแก่การหาค่าที่ถูกต้องแท้จริง ยกเว้นในบางกรณีที่เราทราบปริมาณของอากาศที่ซึ่งถูกนำเข้าไปในเครื่องเพื่อการไหลเวียน เมื่อเราทราบอัตราการไหลของมวลของอากาศภายนอกที่เข้าไปข้างใน ความร้อนที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของอากาศ เราก็สามารถหาได้โดยจะเป็นไปตามความสัมพันธ์

$$Q = m(h_o - h_i) \qquad \ldots\ldots\ldots(4)$$

โดยที่ Q คือภาระความร้อนเนื่องจากการไหลเวียนของอากาศ (วัตต์)

m คือมวลของอากาศที่เข้าไป (กิโลกรัมต่อวินาที)

h_o คือเอนทาลปีของอากาศภายนอก (กิโลจูลต่อกิโลกรัม)

h_i คือเอนทาลปีของอากาศภายใน (กิโลจูลต่อกิโลกรัม)

อย่างไรก็ตามเพราะว่าโดยปกติปริมาณของอากาศที่ถูกกำหนดมามีหน่วยเป็นปริมาตรมากกว่าที่จะมีหน่วยเป็นมวล เพื่อที่จะให้การคำนวณง่ายขึ้นความร้อนที่ได้รับต่อลิตรของอากาศภายนอกที่เข้าไปในตู้จะถูกให้ในตารางที่ 5A และ 5B ในทุกๆสภาวะของอากาศภายในและภายนอก เพื่อที่จะหาอัตราการแทรกซึมของอากาศซึ่งมีหน่วยเป็นลิตรต่อวินาทีโดยการใช้ค่าเอนทาลปีในการเปลี่ยนแฟคเตอร์จากตาราง 5A และ 5B

ยกเว้นในบางกรณีที่อากาศถูกนำเข้าไปในตู้เพื่อจุดประสงค์ในการไหลเวียน การเปลี่ยนแปลงอากาศจะเกิดในที่ซึ่งเกิดการแทรกซึมของความร้อนจากการเปิดประตูเท่านั้น ปริมาณของอากาศภายนอกที่เข้าไปโดยการเปิดประตูภายในเวลา 24 ชม. ขึ้นอยู่กับขนาดและสถานที่ตั้งของประตูและขึ้นอยู่กับความถี่และช่วงเวลาในการเปิดประตู เพราะผลรวมของปัจจัยเหล่านี้จะขึ้นอยู่กับการติดตั้งในแต่ละครั้ง ดังนั้นมันจึงเป็นการยากที่จะคำนวณได้อย่างถูกต้อง โดยทั่วไปในทางปฏิบัติจะมีการประมาณปริมาณอากาศที่เปลี่ยนแปลงเป็นพื้นฐานของประสบการณ์ในการใช้ที่แล้วมา ประสบการณ์จะชี้ให้เห็นว่าตามกฎทั่วๆไป ความถี่และช่วงเวลาในการเปิดประตู ปริมาณอากาศที่เปลี่ยนแปลงจะขึ้นอยู่กับปริมาตรภายในของเครื่องทำความเย็นและจุดประสงค์ของการใช้ ตารางที่ 6 แสดงให้เห็นถึง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5A และ 5B

5A Kilojoules per Litre Removed in Cooling Air to Storage Conditions Above 0°C

Storage Room Temp. °C	Inlet Air Temperature, °C									
	25°			30°			35°		40°	
	Inlet Air RH, %									
	50	60	70	50	60	70	50	60	50	60
15°	0.0128	0.0186	0.0246	0.0281	0.0357	0.0441	0.0500	0.0563	0.0663	0.0795
10°	0.0266	0.0323	0.0382	0.0319	0.0491	0.0574	0.0591	0.0694	0.0792	0.0992
5°	0.0388	0.0445	0.0502	0.0536	0.0610	0.0693	0.0708	0.0810	0.0906	0.1036
0°	0.0493	0.0550	0.0606	0.0639	0.0713	0.0794	0.0808	0.0910	0.1003	0.1141

5B Kilojoules per Litre Removed in Cooling Air to Storage Conditions Below 0°C

Storage Room Temp °C	Inlet Air Temperature, °C									
	5°		10°		25°		30°		35°	
					Inlet Air RH, %					
	70	80	70	80	50	60	50	60	50	60
0°	0.0092	0.0111	0.0142	0.0154	0.0505	0.0562	0.0650	0.0724	0.0820	0.0921
- 5°	0.0193	0.0210	0.0235	0.0247	0.0592	0.0649	0.0736	0.0809	0.0903	0.1004
- 10°	0.0271	0.0288	0.0309	0.0321	0.0662	0.0719	0.0805	0.0877	0.0970	0.1071
- 15°	0.0350	0.0367	0.0383	0.0395	0.0732	0.0788	0.0873	0.0945	0.1037	0.1137
- 20°	0.0427	0.0444	0.0456	0.0468	0.0801	0.0857	0.0941	0.1013	0.1102	0.1203
- 25°	0.0501	0.0523	0.0525	0.0537	0.0866	0.0922	0.0998	0.1077	0.1165	0.1265
- 30°	0.0571	0.0588	0.0591	0.0604	0.0929	0.0985	0.1067	0.1138	0.1225	0.1325
- 35°	0.0640	0.0657	0.0656	0.0668	0.0989	0.1045	0.1126	0.1197	0.1283	0.1382
- 40°	0.0708	0.0725	0.0720	0.0732	0.1050	0.1106	0.1185	0.1256	0.1341	0.1440

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัตราการแทรกซึมอย่างคร่าวๆสำหรับเครื่องทำความเย็นขนาดต่างๆ ข้อมูลในหนังสือ ASRE จะกำหนดการใช้งานระดับปานกลางและการใช้งานอย่างหนักดังนี้

การใช้งานปานกลาง : เป็นการติดตั้งในที่อุณหภูมิไม่สูงจนเกินไปและปริมาณอาหารที่แช่ในตู้ก็ไม่มากเกินไป เครื่องทำความเย็นมีขนาดเล็ก บอบบางโดยทั่วไปจะถูกจัดอยู่ในกลุ่มวิธีใช้ชนิดนี้

การใช้งานอย่างหนัก : เป็นการติดตั้งในสถานที่มีธุรกิจวุ่นวายตาม ภัตตาคารและห้องครัวตามโรงแรมที่ๆซึ่งอุณหภูมิของห้องสูง สถานที่เวลาเร่งด่วนมีการแช่ของในตู้มากและในที่ๆมีการแช่อาหารอุ่นๆจำนวนมาก

โดยการใช้แฟคเตอร์จากตาราง 5 และ 7 ค่าความร้อนอันเนื่องมาจากการแทรกซึมเราสามารถหาได้จากสมการ

ภาระอากาศเปลี่ยนแปลง

= อัตราการแทรกซึม (ลิตร/วินาที)

* การเปลี่ยนแปลงเอนทาลปี (กิโลจูล/วินาที) .....(5)

12. การคำนวณภาระความร้อนเนื่องจากสิ่งอื่นๆ

ภาระอื่นๆตามหลักใหญ่ๆประกอบด้วยความร้อนที่มาจากไฟ มาจากมอเตอร์ไฟฟ้าที่กำลังทำงานและมาจากคนซึ่งกำลังทำกิจกรรมอยู่ ความร้อนที่มาจากไฟมีหน่วยเป็นวัตต์ เราสามารถคำนวณได้โดยการคูณจำนวณวัตต์ของไฟด้วยจำนวนชั่วโมงภายในหนึ่งวันที่ใช้แล้วหารด้วย 24 ชม. ดังนั้นจะได้

ภาระความร้อน Q (วัตต์) = วัตต์ไฟฟ้า * จำนวน ชม.ที่ใช้ /24 ชม. ....(6)

ความร้อนที่เกิดจากมอเตอร์และเกิดจากคนกำลังทำกิจกรรมสามารถดูได้จากตารางที่ 7 และ 8 ตามลำดับ การคำนวณต่อไปนี้เป็นการหาความร้อนที่เกิดจากมอเตอร์และกิจกรรมของคน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6 อัตราเฉลี่ยของการแทรกซึมของอากาศ (ลิตร/วินาที) เมื่อประตูเปิด

ปริมาตรภายในของตู้ (เมตร^3)	อัตราการแทรกซึม (ลิตร/วินาที)	
	สูงกว่า 0 องศาเซลเซียส	ต่ำกว่า 0 องศาเซลเซียส
7	3.1	2.3
8.5	3.4	2.6
10	3.7	2.8
15	4.4	3.3
20	5.0	3.8
25	5.5	4.2
30	5.9	4.6
40	6.8	5.4
50	7.5	5.8
75	9.0	6.9
100	10.2	7.9
150	12.2	9.4
200	13.9	10.9
250	15.3	11.9
300	16.7	12.9
400	19.0	14.9
500	21.4	16.8
600	23.6	18.1
700	24.3	18.6
800	25.9	20.4
900	27.1	21.9
1000	28.9	23.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 7 ความร้อนเทียบเท่าของมอเตอร์ไฟฟ้า

(Heat Equivalent of Electric Motors)

Motor Rating Kilowatt Output	Motor Efficiency %	Multiplying Factor Connected Load in Refr. Space	Motor Losses Refr. Space	Connected Load Refr. Space
0.1-0.5	33.3	1.67	1.0	0.67
0.5-2.0	55.0	1.45	1.0	0.45
2.0-15.0	85.0	1.15	1.0	0.15

ตารางที่ 8 ความร้อนเทียบเท่า/กิจกรรมที่คนทำ

(Heat Equivalent/Person Occupancy)

Cooler Temperature (Deg.Cel)	Heat Equivalent/Person (kW)
10	0.211
5	0.242
0	0.275
- 5	0.305
-10	0.347
-15	0.378
-20	0.407

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาระความร้อน Q (กิโลวัตต์)

= เอาท์พุทของมอเตอร์ (กิโลวัตต์) * ค่าแฟคเตอร์ (ตารางที่ 7)

* จำนวน ชม.ที่ใช้ /24 ชม. .....(7)

ภาระความร้อน Q (กิโลวัตต์)

= จำนวนคน * ความร้อนเทียบเท่า (กิโลวัตต์)(ตารางที่ 8)

* จำนวน ชม.ในการทำกิจกรรม /24 ชม. .....(8)

ความร้อนที่เกิดจากแหล่งความร้อนอื่นๆ เช่น อุปกรณ์เครื่องใช้ต่างๆ ควรจะถูกนำมาพิจารณาในกรหาผลรวมของอัตราความร้อนของเครื่องทำความเย็นด้วย

13. การใช้แฟคเตอร์ความปลอดภัย (Safety Factor)

ผลรวมของภาระความร้อนจะเป็นการรวมภาระความร้อนที่มาจากการคำนวณที่ผ่านๆ มาในแต่ละหัวข้อ ตามปกติในทางปฏิบัติเราจะต้องบวกเพิ่มค่านี้เข้าไปอีก 5% ถึง 10% เพื่อความปลอดภัย เปอร์เซนต์ที่ใช้นี้จะขึ้นอยู่กับความเชื่อถือได้ของข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณภาระความร้อน แต่โดยทั่วไปจะใช้ 10%

หลังจากที่เราบวกค่าความปลอดภัยเข้าไปแล้ว ภาระความร้อนจะต้องคูณด้วย 24 ชม แล้วหารด้วยจำนวนเวลาเป็น ชม.ที่เราต้องการใช้เครื่องเพื่อที่จะหาค่าเฉลี่ยของภาระ จากนั้นค่าเฉลี่ยของภาระก็จะถูกนำไปใช้ในการเลือกอุปกรณ์ต่อไป

14. วิธีการคำนวณภาระความร้อนแบบสั้นๆ

วิธีการคำนวณภาระความร้อนแบบสั้นๆนี้จะเป็นการใช้เกี่ยวกับแฟคเตอร์ของภาระโดยอาศัยประสบการณ์ที่ผ่านมา ในการใช้วิธีนี้ภาระความร้อนจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน

1. ภาระความร้อนเนื่องจากผนัง

2. ภาระที่ใช้

การคำนวณภาระความร้อนเนื่องจากผนังจะเหมือนกับในหัวข้อที่ 10 ส่วนภาระที่ใช้สามารถคำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาระที่ใช้ (วัตต์) = ปริมาตรภายใน (ลูกบาศก์เมตร) * แฟคเตอร์การใช้
* ผลต่างอุณหภูมิ .....(9)

สังเกตุว่า แฟคเตอร์การใช้ซึ่งให้ไว้ในตารางที่ 9 จะขึ้นอยู่กับปริมาตรภายในของเครื่องทำความเย็นและจะถูกกำหนดให้มีหน่วยเป็นวัตต์ต่อลูกบาศก์เมตรต่อเคลวิน และค่าอนุญาตให้ใช้ได้ทั้งกับวิธีการใช้ในระดับปกติและการใช้อย่างหนัก คำนิยามการใช้ในระดับทั้งสองนี้มีอยู่ในหัวข้อที่ 11 เราจะไม่มีการใช้แฟคเตอร์ความปลอดภัยเมื่อเราคูณภาระความร้อนด้วย 24 ชม.และหารด้วยจำนวนเวลาที่ใช้อุปกรณ์เป็น ชม. เพื่อที่จะนำไปหาค่าภาระเฉลี่ย (กิโลวัตต์) ในการเลือกใช้อุปกรณ์ต่างๆต่อไป เนื่องจากค่าที่ให้ในตารางที่ 9 นี้เป็นค่าเฉลี่ยที่ได้มาจากประสบการณ์ การตัดสินใจในบางครั้งก็ควรจะทดลองก่อนการใช้ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 9 แฟคเตอร์การใช้ (วัตต์ต่อปริมาตรภายในตู้เป็น ลบ.เมตร ต่อผลต่างอุณหภูมิระหว่างผนังด้านในและผนังด้านนอกเป็นเคลวิน)(W/m^3 K)

ปริมาตรภายใน (m^3)	ระดับการใช้ ปานกลาง	อย่างหนัก	ห้องที่มี ช่วงยาว
0.6	3.63	3.97	
0.85	2.56	3.57	
1.5	1.77	2.76	
2	1.44	2.24	
3	1.25	1.96	
6	1.07	1.72	
8.5	1.01	1.61	
11	0.96	1.52	
14	0.94	1.45	
17	0.91	1.44	
23	0.86	1.37	
28	0.85	1.30	
34	0.77	1.23	
43	0.71	1.16	
57	0.65		0.60
85	0.58		0.45
140			0.31
200			0.24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

280	0.19
560	0.16
1400	0.14
2100	0.14
2800	0.13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องผลิตน้ำแข็งขนาดเล็ก

จุดประสงค์ของการทำเครื่องผลิตน้ำแข็งขนาดเล็ก (MINI REFRIGERATOR)

เครื่องผลิตน้ำแข็งขนาดเล็ก (MINI REFRIGERATOR) ในที่นี้หมายถึงเครื่องทำน้ำแข็งที่มีขนาดเล็กสามารถใช้ในบ้านที่พักอาศัยได้สะดวก มีขนาดประมาณ 47*55*47 ซม. จุดประสงค์หลักก็เพื่อให้ใช้ในบ้านได้อย่างสะดวกสบายนั่นเอง โดยที่กลุ่มเป้าหมายก็คือผู้บริโภคที่อยู่หมู่บ้านจัดสรร พวกที่มีบ้านอยู่ห่างไกลตลาดหรือห่างไกลจากร้านค้า เช่น ตามชนบท เป็นต้น และพวกที่ต้องการความสะดวกสบายในการบริโภคน้ำแข็ง อีกทั้งยังสามารถควบคุมคุณภาพของน้ำแข็งได้ด้วยตัวเองทำให้ไม่เกิดความกังวลใจว่าน้ำที่เป็นวัตถุดิบสะอาดเพียงพอหรือไม่ ซึ่งเครื่องทำน้ำแข็งขนาดเล็กนี้จะผลิตน้ำแข็งในลักษณะของน้ำแข็งก้อนรูประนาบครึ่งวงกลม โดยตั้งเป้าหมายการผลิตไว้ประมาณ 20 กิโลกรัม/วัน ซึ่งใช้ในบ้านพักอาศัยนับว่ามากเพียงพอ

เนื่องจากต้องการลดขนาดของเครื่องทำน้ำแข็งให้เล็กที่สุด ดังนั้นเราจึงจำเป็นต้องลดความซับซ้อนและสิ่งที่ไม่จำเป็น หรืออาจดัดแปลงระบบให้กินเนื้อที่น้อยที่สุด เช่น ระบบหัวฉีดของเครื่องทำน้ำแข็งยูนิต ปั๊มน้ำและถังเก็บน้ำ ซึ่งสิ่งเหล่านี้ทำให้เปลืองเนื้อที่มาก ดังนั้นในเครื่องทำน้ำแข็งขนาดเล็กนี้เราจะดัดแปลงทั้งระบบ โดยใช้การหยดน้ำลงบนบล็อกหล่อแทนหัวฉีด ทำให้ประหยัดเนื้อที่และประหยัดค่าใช้จ่าย (ค่าหัวฉีด ค่าปั๊มน้ำ) เมื่อน้ำหยดลงมาเต็มบล็อกแล้วกลายเป็นน้ำแข็ง หลังจากนั้นจึงนำเอาความร้อนจากฮีทเตอร์ (Heater) เข้าไปละลายน้ำแข็ง ความแตกต่างประการที่สองก็คือบล็อกหล่อน้ำแข็งจะเป็นแบบหงายขึ้น ซึ่งเวลาเอาน้ำแข็งออกจะทำโดยให้มีตัวกวาดน้ำแข็งออกทางด้านข้างโดยที่บล็อกนั้นไม่ต้องมีการเคลื่อนที่ใดๆทั้งสิ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณภาระความร้อนของเครื่องผลิตน้ำแข็งขนาดเล็ก

การคำนวณ

ตามทฤษฎีที่เรากล่าวมาตั้งแต่ต้นว่า ภาระความร้อนของเครื่องทำความเย็นโดยทั่วไปมักจะมีแหล่งความร้อนต่างๆ ดังต่อไปนี้

(1) ความร้อนที่ผ่านเข้ามาทางผนัง จากการนำความร้อนผ่านฉนวนของผนัง

(2) ความร้อนที่ผ่านเข้ามาจากการแผ่รังสีโดยตรง

(3) ความร้อนที่ผ่านเข้ามาโดยการเปลี่ยนแปลงของอากาศ การเปิดประตู การรั่วเข้ามาจากรอยรั่วหรือรอยแตกต่าง ๆ

(4) ความร้อนที่เกิดจากอุณหภูมิที่สูงกว่าผลิตภัณฑ์

(5) ความร้อนที่เกิดจากคน

(6) ความร้อนที่เกิดจากอุปกรณ์ เครื่องมือต่าง ๆ เช่น มอเตอร์ ฮีทเตอร์ ฯลฯ

สำหรับเครื่องทำน้ำแข็งขนาดเล็กนี้ เนื่องจากอยู่ภายในที่พักอาศัยอยู่ในร่ม ดังนั้นเราจะไม่คำนึงถึงภาระความร้อนเนื่องจากการแผ่รังสีโดยตรงจากดวงอาทิตย์ และความร้อนจากคน

เนื่องจากผลิตภัณฑ์ที่เราต้องการผลิตก็คือน้ำแข็ง ดังนั้นจึงเป็นภาระความร้อนที่สำคัญมาก

สำหรับระบบเครื่องทำน้ำแข็งขนาดเล็กนี้ จำเป็นต้องใช้มอเตอร์ในการหมุนเพลาเพื่อกวาดน้ำแข็งออกจากบล็อคหล่อ ดังนั้นจึงต้องคำนึงถึงภาระความร้อนนี้ด้วย และในการนำเอาน้ำแข็งออกจากเครื่องทำน้ำแข็งก็จำเป็นต้องเปิดประตู ดังนั้นเราจึงต้องคำนวณภาระความร้อนเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของอากาศด้วย โดยสรุปแล้วการคำนวณภาระความร้อนของเครื่องทำน้ำแข็งขนาดเล็กมีลำดับดังนี้ คือ

(1) ความร้อนที่ผ่านเข้ามาทางผนัง

(2) ความร้อนที่ผ่านเข้ามาโดยการเปลี่ยนแปลงของอากาศ

(3) ความร้อนที่เกิดจากอุณหภูมิที่สูงกว่าผลิตภัณฑ์ แบ่งเป็นความร้อนสัมผัส และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความร้อนแฝง

(4) ความร้อนเนื่องจากมอเตอร์

1. ภาระความร้อนเนื่องจากการนำความร้อนผ่านผนัง

จากตารางที่ 1 ของไฟเบอร์กลาส (หนา 1 นิ้ว) พบว่า

ค่าคอนดักติวิตี้ (Thermal Conductivity ,K) = 0.039 W/m K

ค่า f_i และ f_o ของ Still Air = 9.370 W/m^2 K

ความหนา 1 นิ้ว = 0.0254 m

จากสมการที่ 3

$1/U = 1/f_i + X/K + 1/f_o$

$= 1/9.37 + 0.0254/0.039 + 1/9.37$

$= 0.8647$

ดังนั้น $U = 1.156$ W/m^2 K

ต้องการเปลี่ยนหน่วยจาก วัตต์/ตารางเมตร-เคลวิน ไปเป็น บีทียู/ตารางฟุต-นาที-เคลวิน จึงต้องหารด้วย $1.891489 * 10^2$

ดังนั้น $U = 1.156 / 189.1489$

$= 0.00611$ Btu/ft^2-min.-°F

ภาระความร้อนเนื่องจากผนัง = $U * A * \Delta T$

= (0.00611 Btu/ft^2-min.-°F)

$* (22.22\ ft^2) * (95 - 22)9/5$

= 17.811 Btu/min.

= 1068.68 Btu/hr.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ภาระความร้อนเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของอากาศ

ภาระความร้อนจากการเปลี่ยนแปลงของอากาศเนื่องจกการเปิดประตูของเครื่องทำน้ำแข็ง จะประมาณว่าอากาศเข้าไปแทนที่หมด

ปริมาตรภายในของเครื่องทำน้ำแข็งประมาณ = 2.6575 * 1.7388 * 1.4764

= 6.822 ft^3

สมมุติให้สภาพของอากาศที่เข้าไปเป็น 95°F ความชื้นสัมพัทธ์ 58% และกำหนดอุณหภูมิอากาศภายในเป็น 32°F

จาก ไซโครเมตริก ชาร์ท กล่าวว่า

ความร้อนทั้งหมด = (45.9 - 0.15 - 11.75) = 34.00 Btu/lb dry air

อากาศมาตราฐานมีความหนาแน่น = (1.2 / 0.4536) / (1 / 0.028317)

= 0.0749 lb/ft^3

อากาศ 6.822 ft^3 = 0.511 lb

ความร้อนทั้งหมด = 17.373 Btu

สมมติว่า มีการเปิดประตู 6 ครั้ง/ชม.

ดังนั้น ภาระความร้อน = 104.238 Btu/hr.

3. ภาระความร้อนเนื่องจากผลิตภัณฑ์

"1 บีทียู หมายถึง ปริมาณความร้อนที่ทำให้น้ำ 1 ปอนด์ มีอุณหภูมิสูงขึ้น 1 องศาฟาเรนไฮต์"

ความร้อนสัมผัส = มวล * ความจุความร้อน * อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น

ความร้อนแฝงของน้ำที่ 32 องศาฟาเรนไฮต์ 1 ปอนด์ เป็นน้ำแข็งใช้ 144 บีทียู

ความร้อนจำเพาะของน้ำ 1 บีทียู/ปอนด์-องศาฟาเรนไฮต์

ความร้อนจำเพาะของน้ำแข็ง 0.5 บีทียู/ปอนด์-องศาฟาเรนไฮต์

ในกรณีนี้ จะกำหนด อุณหภูมิของอีแวปโปเรเตอร์ที่ 22 °F

อุณหภูมิเริ่มต้นที่ทำน้ำแข็งเฉลี่ยประมาณ 86 °F

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความร้อนสัมผัสในการทำให้น้ำ 56 ลบ.นิ้ว จาก 86 °F ไปเป็น 32 °F

น้ำหนักของน้ำ 56 ลบ.นิ้ว = 361.2 กรัม

= 0.795 ปอนด์

ความร้อนสัมผัส = (0.795) * (1) * (86 - 32)

= 42.93 บีทียู

ความร้อนแฝงของน้ำที่ 32 °F ไปเป็นน้ำแข็งที่ 32 °F

ความร้อนแฝง = (0.795) * (144)

= 114.5 บีทียู

ความร้อนสัมผัสของน้ำแข็ง 32 °F ไปเป็นน้ำแข็ง 22 °F

ความร้อนสัมผัส = (0.795) * (0.5) * (10)

= 3.28 บีทียู

ความร้อนรวม = 161.41 บีทียู

กำหนดเวลาทำน้ำแข็งต่อ 1 ครั้ง = 15 นาที

ดังนั้น ภาระความร้อน = 645.64 บีทียู/ชั่วโมง

4. ภาระความร้อนเนื่องจากมอเตอร์ 0.05 แรงม้า

ใน 1 ชั่วโมง จะเป็นภาระความร้อน 360 บีทียู แต่ใช้แรงงานเพียง 2 นาที

ดังนั้น ภาระความร้อน = 12 บีทียู/ชม.

เพราะฉะนั้นภาระความร้อนรวม = 645.64 + 104.238 + 1068.7 + 12

= 1830.60 บีทียู

ค่าความปลอดภัย 25 % ดังนั้นจะได้ = 2118.125 บีทียู/ชม.

จากไดอะแกรมของความดัน - เอนทาลปี

งานของคอมเพรสเซอร์ = (88 - 79) บีทียู/ปอนด์

= 9 บีทียู/ปอนด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

งานของอีแวปโปเรเตอร์ = (79 - 28) บีทียู/ปอนด์

= 51 บีทียู/ปอนด์

ภาระความร้อนรวมทั้งหมด = 2118.125 / 51

= 38.2 ปอนด์/ชม.

ดังนั้น งานของคอมเพรสเซอร์ = 344 บีทียู/ชม.

ความร้อนที่ระบายออกที่คอมเด็นเซอร์ = 2462.125 บีทียู/ชม.

จาก แคตตาล็อค คอมเพรสเซอร์ของเทคัมเซ่ จะเลือกใช้คอมเพรสเซอร์ขนาด 1/8 แรงม้า รุ่น 1336

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทำเครื่องทำน้ำแข็งขนาดเล็ก

อุปกรณ์นี้จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนด้วยกัน คือ

1. ส่วนภายนอกตัวถังของเครื่องทำน้ำแข็ง
2. ส่วนภายในตัวถังของเครื่องทำน้ำแข็ง

ส่วนภายนอกตัวถังของเครื่องทำน้ำแข็งจะหมายถึง อุปกรณ์หลักที่ใช้ในการทำความเย็นซึ่งก็จะมีส่วนประกอบเหมือนเครื่องทำความเย็นทั่วๆไป โดยจะแบ่งออกเป็น

(1) **ตัวเครื่องอัดหรือตัวคอมเพรสเซอร์** (Compressor) ซึ่งมีหน้าที่ดูดและอัดสารทำความเย็นหรือน้ำยาที่เป็นแก๊ส เพื่อส่งต่อไปยังส่วนอื่นๆ ของระบบ

(2) **ตัวเครื่องควบแน่นหรือตัวคอนเดนเซอร์** (Condenser) มีหน้าที่ระบายความร้อนของน้ำยาที่เป็นแก๊ส (Hot Gas) และเปลี่ยนสถานะ (State) ของน้ำยาแก๊สให้เป็นของเหลว (Liquid)

(3) **ตัวควบคุมน้ำยา** (Refrigerant Control) มีหน้าที่ควบคุมปริมาณน้ำยาที่เป็นของเหลวให้ฉีดเข้าสู่ในคอยล์เย็นอย่างหนึ่ง และเป็นตัวลดแรงดัน (Pressure) ของน้ำยาที่เป็นของเหลวจากแรงดันสูงให้เป็นน้ำยาที่เป็นของเหลวแรงดันต่ำ

(4) **ตัวคอยล์เย็น** (Evaporator) หรือ Cooling Coil มีหน้าที่รับน้ำยาที่เป็นของเหลวที่มีเพรสเซอร์ต่ำเข้ามาและน้ำยาจะมาระเหยหรือเดือด (Evaporate)ในตัวคอยล์เย็นนี้ทำให้น้ำยาเปลี่ยนสถานะจากของเหลวกลายเป็นแก๊สและจะดูดความร้อนจากตัวยคอยล์เย็นไป

(5) **อุปกรณ์ช่วยต่างๆในระบบ** เช่น ถังพักน้ำยา (Liquid Receiver) ตัวกรองความชื้นและสิ่งสกปรก (Filter Drier) ตัวดูน้ำยา (Sight Glass) ตัวระเหยน้ำยา (Accumulator)

(6) **อุปกรณ์ควบคุมทางไฟฟ้า** เช่น ตัวควบคุมแรงดัน (Pressure Control) ตัวควบคุมแรงดันน้ำมัน (Oil Pressure Control)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ด้วยระบบที่มีส่วนประกอบดังนี้ สารทำความเย็นหรือน้ำยาที่เติมไว้ในระบบเปลี่ยนแปลงกลับไปกลับมาจากแก๊สเป็นของเหลว และจากของเหลวเป็นแก๊สอยู่ตลอดเวลาที่เครื่องเย็นทำงาน ดังนั้นจึงไม่จำเป็นต้องเติมหรือเปลี่ยนน้ำยาเครื่องเย็นใหม่ ยกเว้นเกิดการรั่วหรือซึม (Leak)

ส่วนภายในตัวถังของเครื่องทำน้ำแข็งนั้นจะประกอบไปด้วย

(1) **บล็อคหล่อน้ำแข็ง** มีหน้าที่หล่อน้ำให้เป็นน้ำแข็งในรูปร่างที่เราต้องการ สำหรับในเครื่องทำน้ำแข็งขนาดเล็กนี้ เราใช้บล็อคหล่อน้ำแข็งเป็นรูปร่างระนาบครึ่งวงกลม

(2) **ขดลวดให้ความร้อน หรือ ฮีทเตอร์ (Heater)** มีหน้าที่ให้ความร้อนไปสู่น้ำแข็งเพื่อที่จะทำให้แรงยึดระหว่างน้ำแข็งกับบล็อคหล่อลดน้อยลง ซึ่งง่ายต่อการเอาน้ำแข็งออกจากบล็อคหล่อ

(3) **เพลา และ ตัวกวาด** มีหน้าที่กวาดน้ำแข็งในบล็อคหล่อให้หลุดไปจากบล็อค ในการกวาดนี้จะกระทำเพียงแค่ครึ่งวงกลมเท่านั้น น้ำแข็งก็จะสามารถหลุดจากบล็อกได้

(4) **บุช** มีหน้าที่รองรับเพลา

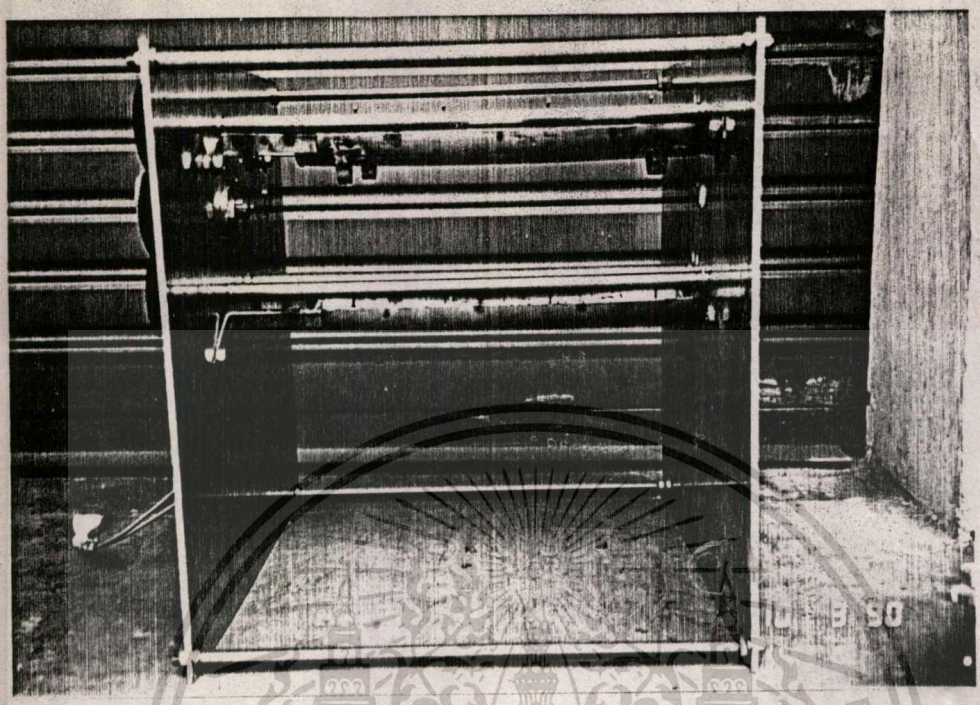
(5) **เฟืองตรง** มีหน้าที่ส่งกำลังจากมอเตอร์มายังเพลาในแต่ละตัว นอกจากนั้นยังมีหน้าที่ทำให้เกิดความสัมพันธ์ในการทำงานของระบบอีกด้วย

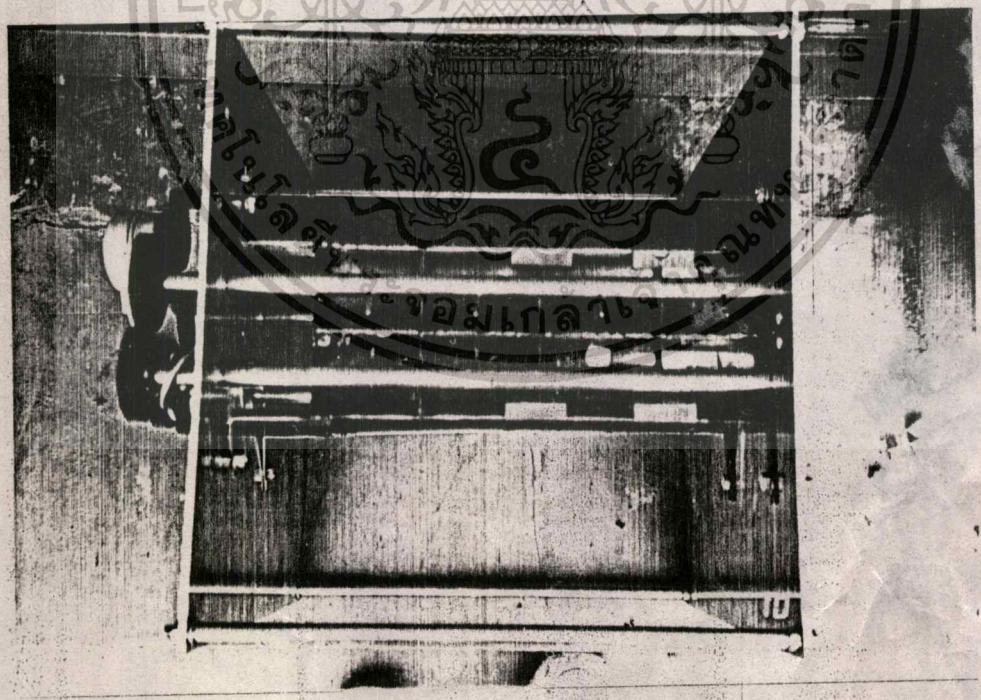
(6) **ตัวส่งกำลัง หรือ มอเตอร์ (Motor)** มีหน้าที่ส่งกำลังไปสู่เพลาแต่ละตัวเพื่อใช้ในการกวาด

(7) **ถาดรองน้ำแข็ง** มีหน้าที่เก็บน้ำแข็งที่หลุดออกจากบล็อคหล่อ เพื่อที่จะนำน้ำแข็งเหล่านั้นไปบริโภคต่อไป

สำหรับตัวถังของเครื่องทำน้ำแข็งขนาดเล็กนี้ทำจากสแตนเลส (Stanless Steel) หมด วัสดุที่ใช้เป็นฉนวนของตัวถังระหว่างชั้นในกับชั้นนอกเป็นสารสังเคราะห์ประเภทโพลียูรีเทน (Polyurethane)

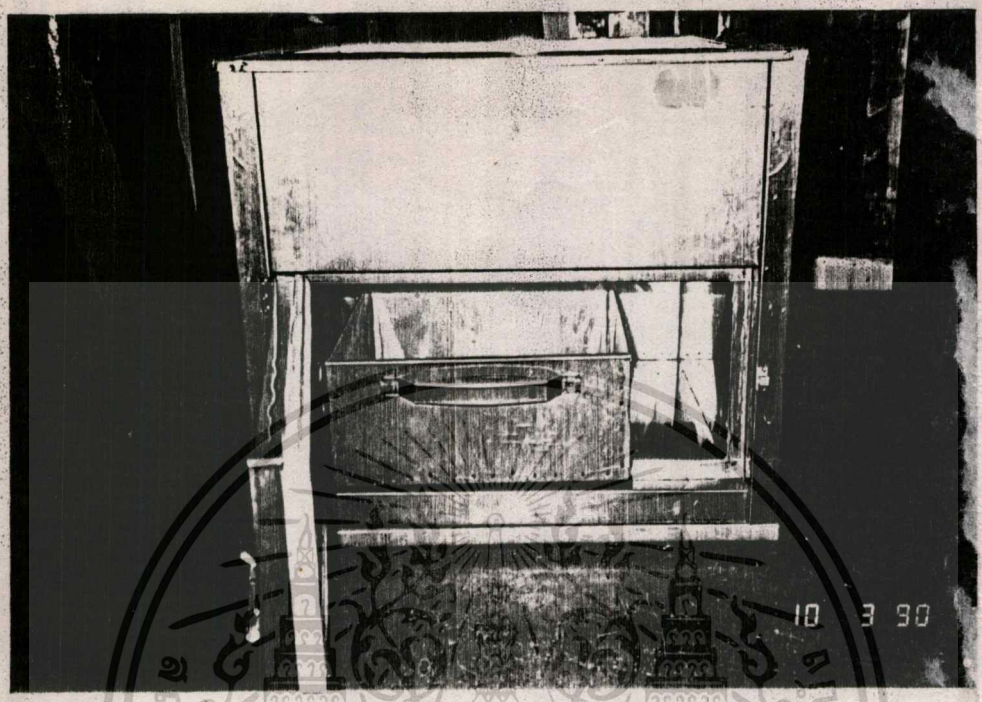
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



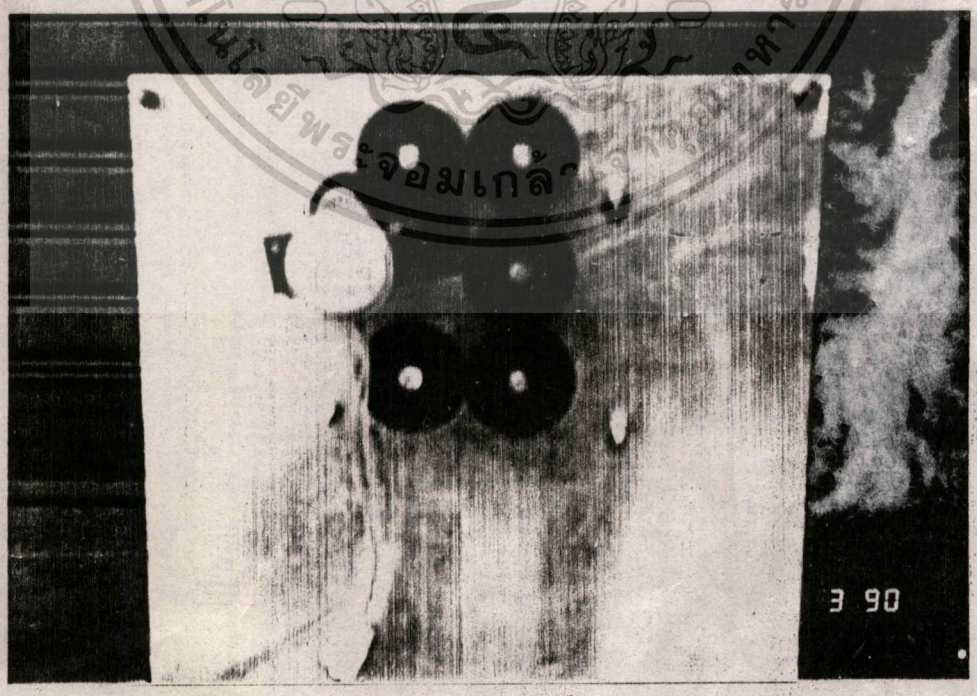


ลักษณะบล็อคหล่อน้ำแข็งรูปครึ่งทรงกระบอกหงาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

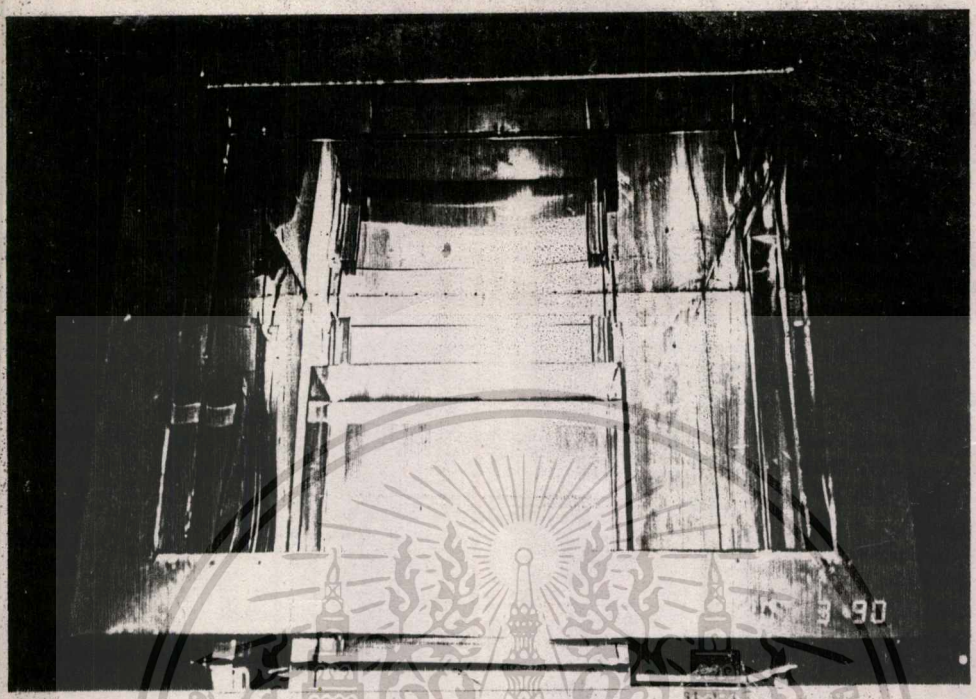


ลักษณะลิ้นชักใส่น้ำแข็งซึ่งหลุดออกจากบล็อคหล่อแล้ว

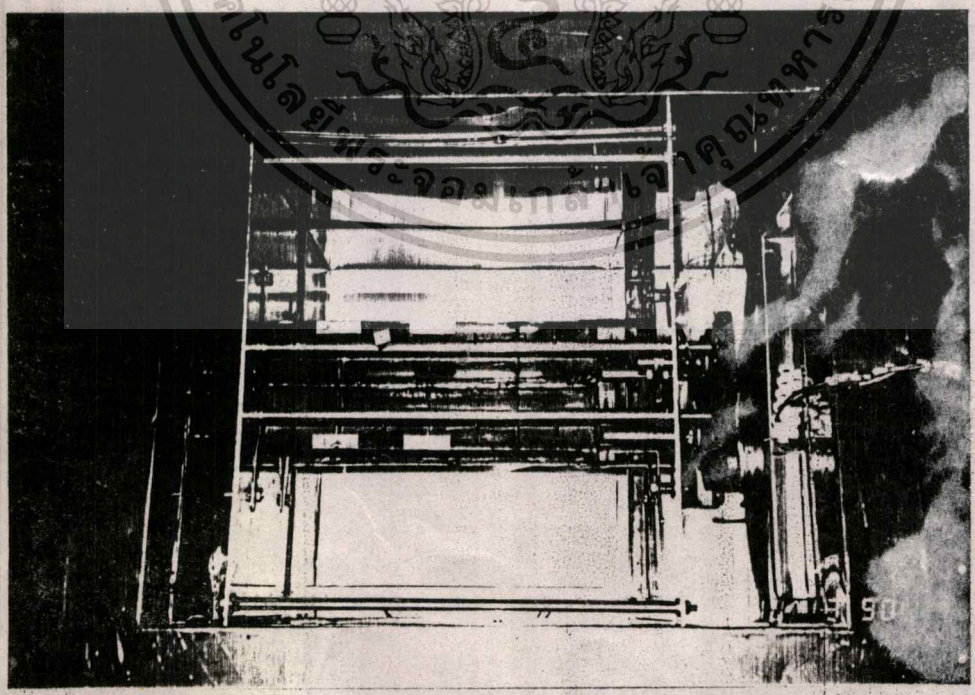


รูปร่างของเฟืองที่ใช้ในการขับเพลากวาดน้ำแข็ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

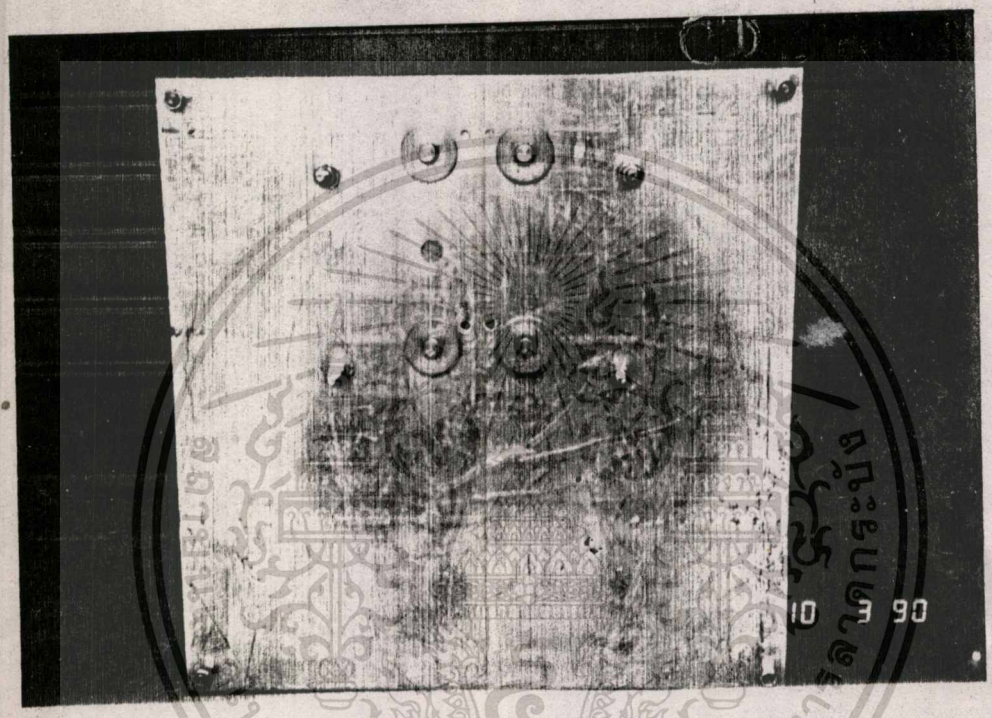


ส่วนประกอบภายในตู้เมื่อมองจากด้านบน



บล็อคหล่อน้ำแข็งเมื่อใส่ลงไปในตัวตู้แล้ว (มองจากด้านบน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



อีกด้านหนึ่งของเพลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง และ บทสรุป

ผลการทดลอง

ครั้งที่	ระยะเวลาในการแข็งตัวของน้ำ	ระยะเวลาในการทำงานของฮีทเตอร์	การทำงานของที่กวาดน้ำแข็ง
1	47 นาที	1 นาที 20 วินาที	กวาดออกได้เฉพาะช่วงกลางของบล็อคเท่านั้น
2	48 นาที	1 นาที 40 วินาที	..
3	44 นาที	1 นาที 20 วินาที	..
4	49 นาที	1 นาที 25 วินาที	..
5	45 นาที	1 นาที 30 วินาที	..
6	45 นาที	1 นาที 20 วินาที	..
7	46 นาที	1 นาที 15 วินาที	..
8	48 นาที	1 นาที 20 วินาที	..
9	45 นาที	1 นาที 30 วินาที	..
10	43 นาที	1 นาที 20 วินาที	..

จากการทดลอง ทำให้เราสรุปได้ว่า ระยะเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการแข็งตัวของน้ำนั้นประมาณ 45 นาที ระยะเวลาการทำงานของฮีทเตอร์ประมาณ 1 นาที 20 วินาที ความสามารถในการกวาดน้ำแข็งนั้นกวาดได้เฉพาะช่วงกลางเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ปัญหาที่เกิด และ แนวทางการแก้ไข

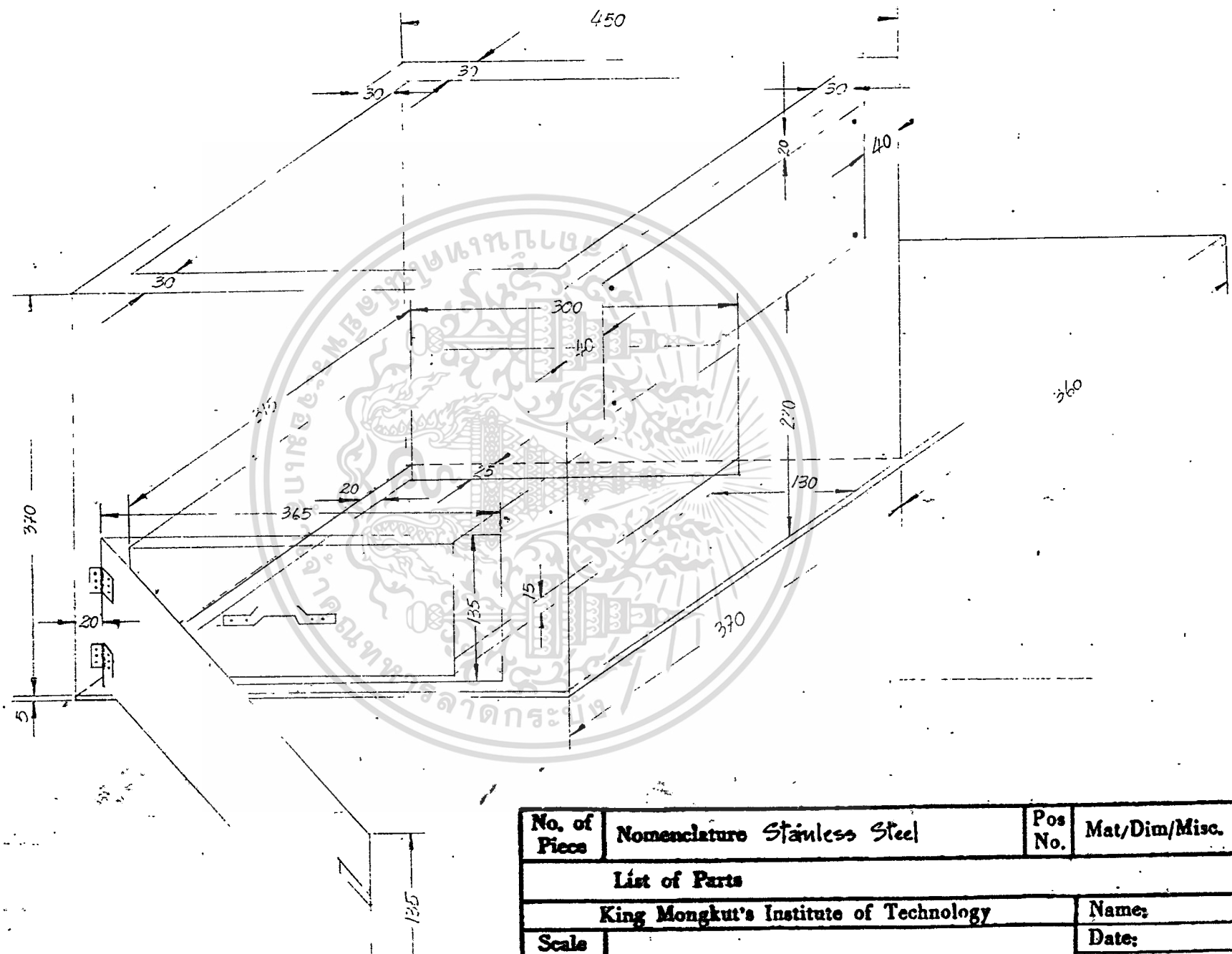
เนื่องจากในการทำบล็อคหล่อนี้ เราใช้วิธีน่าแป๊ปทรงกระบอกมาตัดแบ่งครึ่งแล้วเชื่อมเอาตามจุดต่างๆ จึงทำให้เกิดรอยเชื่อมและเกิดตามดบางจุดขึ้น ดังนั้นเวลากวาดน้ำแข็งออกจากบล็อคหล่อจึงมีปัญหาที่ว่า น้ำแข็งจะไปติดกับตามดที่นูนขึ้นมาจึงทำให้ก้อนน้ำแข็งออกมาไม่ได้ ดังนั้นในการทำบล็อคหล่อนี้ ทางที่ดีที่สุดเราควรจะหล่อเป็นรูปร่างขึ้นมาเลยเพื่อลดปัญหาดังกล่าว

ในการเชื่อมท่าทองแดง (ท่อคอยด์เย็น) นั้น เราเชื่อมติดกับบล็อคหล่อบางจุดเท่านั้น เพราะว่าพื้นที่ในการเชื่อมนั้นมีน้อย และยังต้องเชื่อมซ้อนกับท่อของฮีทเตอร์ด้วย ดังนั้นจึงทำให้เกิดปัญหาในการทำความเย็นบางจุด จุดที่พื้นที่ของบล็อคหล่อสัมผัสกับท่อทองแดงมากก็จะเย็นเร็ว จุดที่ไม่ค่อยสัมผัสก็จะเย็นช้า เพราะฉะนั้นเราควรจะเพิ่มพื้นที่ในการสัมผัสกับท่อทองแดงให้เท่ากันหมดทุกจุด

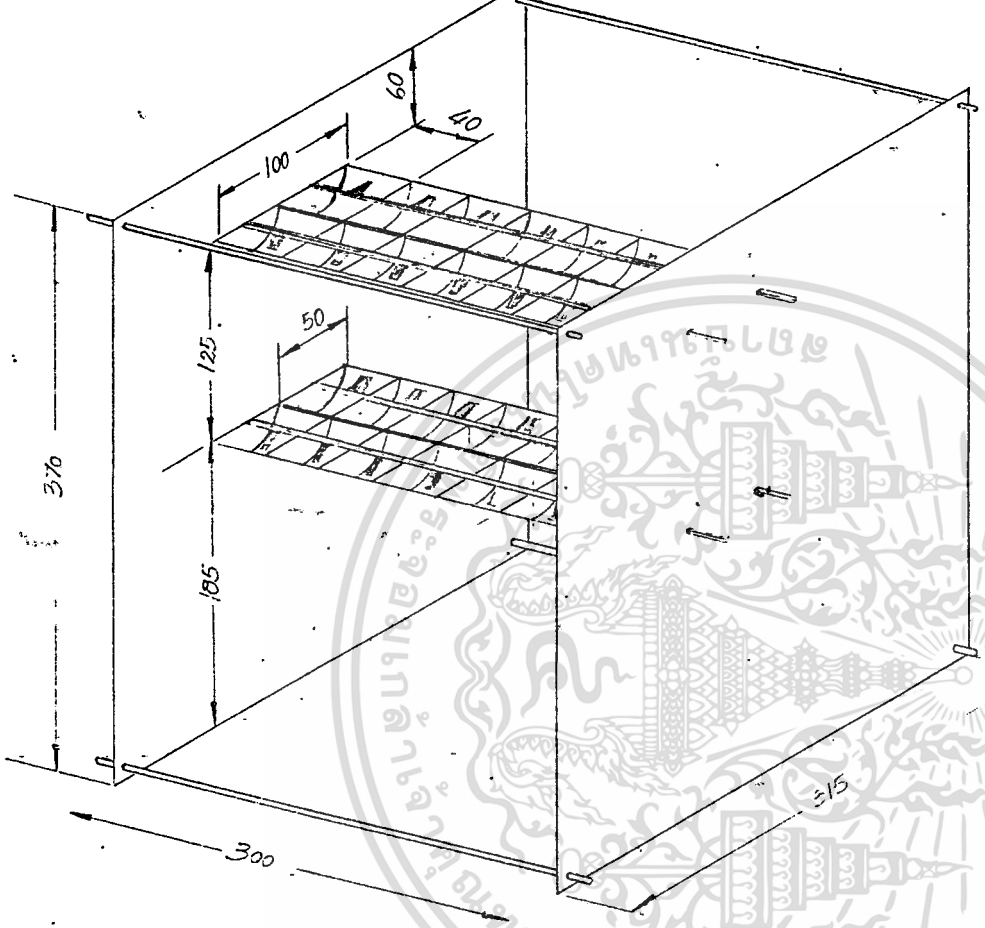
ปัญหาอีกอย่างก็คือ ทางด้านกำลังของมอเตอร์ เราใช้เฟืองซึ่งมีกำลังเพียง 5 วัตต์เท่านั้น โดยมีการทดรอบภายในตัวมอเตอร์ด้วย ดังนั้นเวลาเปิดสวิตช์ให้มอเตอร์ขับเฟืองเพื่อกวาดน้ำแข็ง ตัวกวาดจะสามารถกวาดได้เฉพาะบล็อคที่น้ำแข็งละลายมากเท่านั้น บล็อคที่น้ำแข็งละลายน้อยก็จะติดขัด เนื่องมาจากกำลังของมอเตอร์ไม่พอเพียง เพราะฉะนั้นเราควรจะเพิ่มกำลังของมอเตอร์ให้มากกว่านี้

สิ่งสุดท้ายก็คือ การเพิ่มพื้นที่สัมผัสของตัวกวาดน้ำแข็งกับก้อนน้ำแข็ง เพราะถ้าเราสามารถเพิ่มพื้นที่ในการสัมผัสได้มากกว่านี้ ก็จะทำให้แนวแรงกระจายไปทั่วก้อนน้ำแข็ง ซึ่งเป็นผลให้ก้อนน้ำแข็งนั้นหลุดออกจากบล็อคหล่อได้ง่ายขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

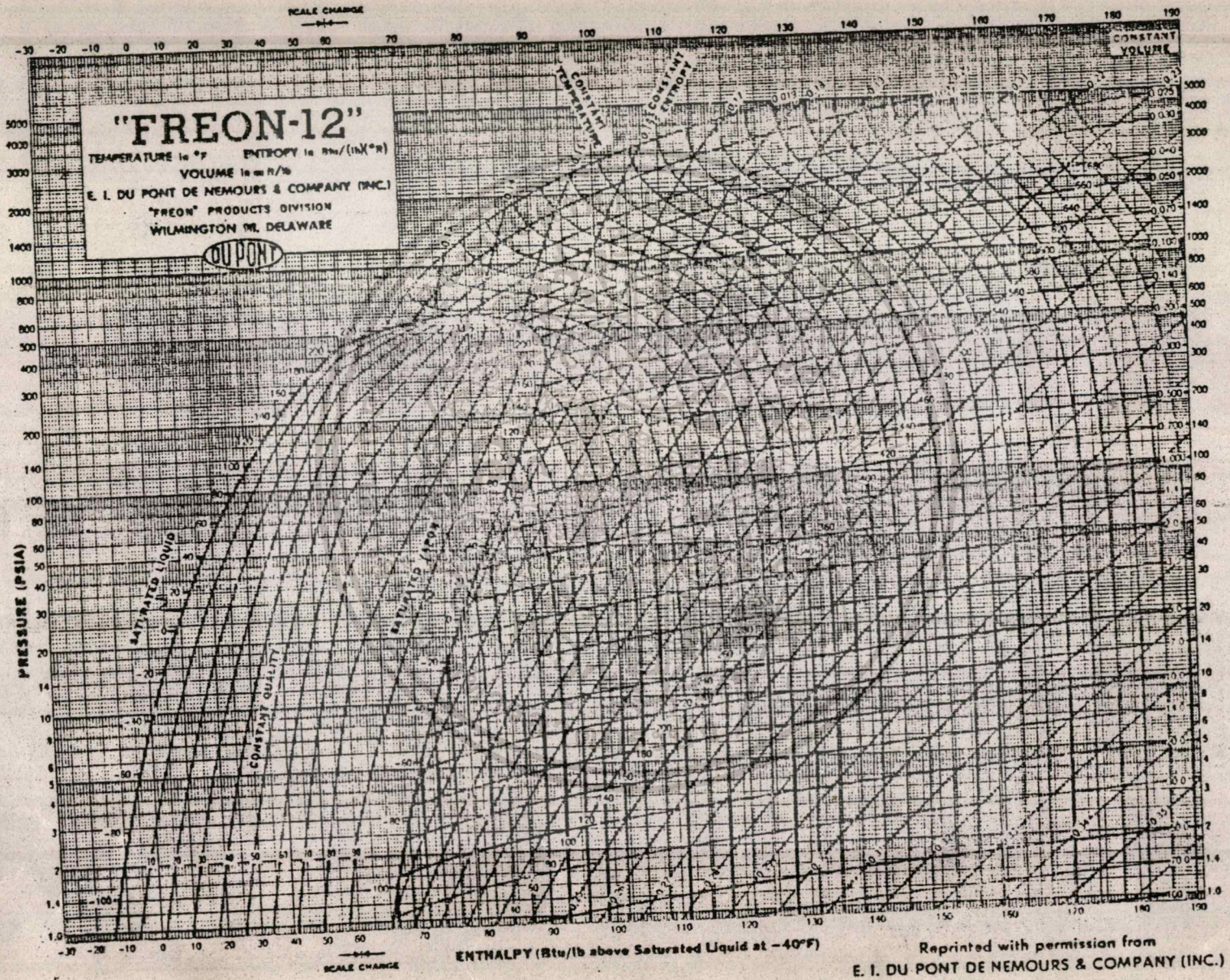


No. of Piece	Nomenclature Stainless Steel	Pos No.	Mat/Dim/Misc.
	List of Parts		
	King Mongkut's Institute of Technology		Name:
Scale			Date:

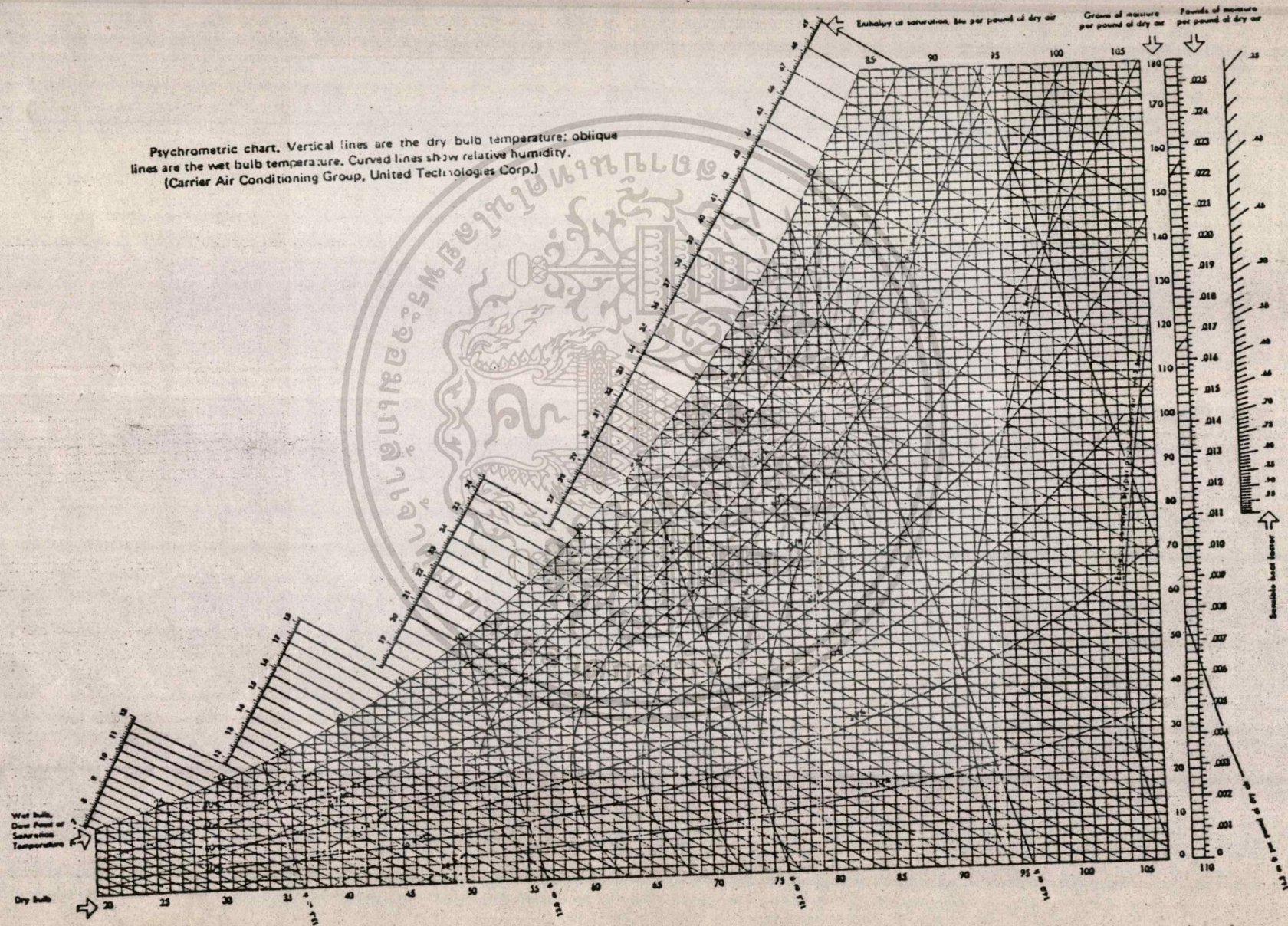


No. of Piece	Nomenclature Stainless Steel	Pos No.	Mat/Dim/Misc.
	List of Parts		
	King Mongkut's Institute of Technology		Name:
Scale 1:5			Date:
			Class:

Pressure-Enthalpy Diagram



Reprinted with permission from
E. I. DU PONT DE NEMOURS & COMPANY (INC.)



Psychrometric chart. Vertical lines are the dry bulb temperature; oblique lines are the wet bulb temperature. Curved lines show relative humidity. (Carrier Air Conditioning Group, United Technologies Corp.)

หนังสืออ้างอิง

1. สนอง อิ่มเอม ,
"เครื่องทำความเย็น (REFRIGERATION AND AIRCONDITIONING)
และ เครื่องปรับอากาศรถยนต์ (AUTO AIR CONDITIONING)"
บริษัท อมรินทร์ พริ้นติ้ง กรุ๊ฟ จำกัด

2. ผู้เขียน RUDOLF F.GRAF AND GEORGE J.WHALEN
คณะผู้แปล (1) ธีระยุทธ สุวรรณประทีป
(2) พิชัย ลีละพัฒนะ
(3) พงษ์ธร จรัญญากรณ์
(4) นพดล เวชสวัสดิ์
"เทคนิคกลไกล" , หน้า 82

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า