

5000

การออกแบบสร้างเครื่องมือตรวจวัดความร้อน : อุณหภูมิ เวต บัลบ์ โกลบ

นายทศพล ปานามา

การศึกษาค้นคว้าอิสระนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
แขนงวิชาสารสนเทศศาสตร์ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

พ.ศ. 2551

Designation of Heat Stress Monitor : Wet Bulb Globe Temperature

Mr. Thossapol Panama

**An Independent Study Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for
the Degree of Master of Public Health in Industrial Environment Management**

School of Health Science

Sukhothai Thammathirat Open University

2008

ชื่อการศึกษา **กัณฑ์อิสระ** การออกแบบสร้างเครื่องมือตรวจวัดความร้อน : อุณหภูมิ เวต บัลบ์ โกลบ
 ผู้ศึกษา นายทศพล ปานามา ปริญญา สาธารณสุขศาสตรมหาบัณฑิต (การจัดการสิ่งแวดล้อม
 อุตสาหกรรม) อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ศุควา เลิศวิสุทธิไพบูลย์ ปีการศึกษา 2551

บทคัดย่อ

การตรวจวัดสภาวะแวดล้อมโดยเฉพาะความร้อนในสถานประกอบการจัดได้ว่ามีความสำคัญอย่างยิ่งเนื่องจากความร้อนจะมีผลต่อสุขภาพและประสิทธิภาพการทำงานของผู้ปฏิบัติงานซึ่งสถานประกอบกิจการในข่ายบังคับตามกฎหมายจะต้องทำการตรวจวัดความร้อนในพื้นที่การทำงาน การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องวัดความร้อน : อุณหภูมิเวต บัลบ์ โกลบ ที่ได้มาตรฐานตามกฎหมาย เพื่อนำไปใช้ในสถานประกอบกิจการโดยเครื่องวัดความร้อนที่สร้างขึ้นมานี้มีลักษณะที่ง่ายต่อการใช้งานและมีราคาประหยัดกว่าเครื่องตรวจวัดความร้อนที่ใช้อยู่ในท้องตลาดซึ่งต้องนำเข้าจากต่างประเทศ

การศึกษานี้ได้ออกแบบและสร้างเครื่องวัดความร้อน : อุณหภูมิเวต บัลบ์ โกลบ ที่มีขนาดกว้าง 7 เซนติเมตร ยาว 13.5 เซนติเมตร สูง 5 เซนติเมตร หนัก 250 กรัม โดยโกลบ ทำจากแผ่นทองแดงหนา 2 มิลลิเมตร มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 50.8 มิลลิเมตร และใช้ไอซี เบอร์ LM 335 ในการประมวลผลสัญญาณ จากนั้นได้นำเครื่องไปทำการสอบเทียบที่ห้องปฏิบัติการสอบเทียบของบริษัทไอ-แคล จำกัด และทดสอบตรวจวัดจริงในโรงงาน ผลการศึกษา พบว่า จากการสอบเทียบจากห้องปฏิบัติการ ในการทดสอบที่ 25-35 องศาเซลเซียส มีค่าความผิดพลาดอยู่ที่ 0.058 องศาเซลเซียส ซึ่งการเกณฑ์ยอมรับได้ อยู่ที่ 50 % ของ 1 องศา ดังนั้นเครื่องที่สร้างขึ้นจึงยอมรับได้ตามมาตรฐาน และได้นำไปทดสอบตรวจวัดจริง ณ แขนงต่าง ๆ ของบริษัท พัฒน์กล จำกัด (มหาชน) ซึ่งเป็นโรงงานผลิตเครื่องจักรและมีความร้อนสูงในบางพื้นที่ของกระบวนการผลิต จำนวน 12 จุด โดยเปรียบเทียบกับเครื่องวัดความร้อนยี่ห้อ Metrosonic รุ่น HS-3600 ที่ผ่านการสอบเทียบแล้วจากการทดสอบโดยใช้ค่าสถิติทดสอบ t พบว่าผลเครื่องวัดความร้อน : อุณหภูมิเวต บัลบ์ โกลบ ที่สร้างขึ้นกับเครื่องที่นำมาเปรียบเทียบในการตรวจวัดความร้อนโดยไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญจากเครื่องวัดความร้อนที่นำมาใช้เปรียบเทียบทั้งนี้ผลการทดสอบได้ทำโดยใช้ค่าช่วงความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และมีค่าใช้จ่ายในการสร้าง เครื่องวัดความร้อน 2,500 บาท

ข้อเสนอแนะจากการศึกษานี้ กรณีผู้สนใจเพื่อสร้างเครื่องวัดความร้อน : อุณหภูมิเวต บัลบ์ โกลบ ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ควรออกแบบให้เปลี่ยนแบตเตอรี่ให้ง่ายขึ้นและควรพัฒนาให้สามารถอ่านค่า WBGT ทั้งในอาคารและนอกอาคารได้โดยตรง โดยไม่ต้องใช้สูตรคำนวณอีก เพื่อให้ใช้งานได้ง่าย สะดวกมากขึ้น

คำสำคัญ เครื่องวัดความร้อน เวต บัลบ์ โกลบ

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาค้นคว้าอิสระฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความสามารถเป็นอย่างยิ่งจาก รongศาสตราจารย์สุดาว เลิศวิสุทธิไพบูลย์ และเจ้าหน้าที่ ประจำสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราชที่ได้กรุณาให้คำแนะนำในการศึกษาครั้งนี้ จนสำเร็จเรียบร้อย สมบูรณ์ ผู้ศึกษารู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาของท่านเป็นอย่างยิ่ง

นอกจากนี้ ผู้ศึกษาขอขอบพระคุณ สำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 3 ชลบุรี ที่ให้การสนับสนุนอุปกรณ์เครื่องมือต่าง ๆ ให้คำปรึกษาเพื่อเป็นแนวทางพัฒนาเครื่องมือ และนำเครื่องมือนี้ไปทดลองใช้งานจริง

บริษัทพัฒนกุล จำกัด (มหาชน) จังหวัด กรุงเทพมหานคร ที่ช่วยสนับสนุนในการทดลอง และเพื่อนนักศึกษา และผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการทำการศึกษานี้ทุกท่านที่ได้กรุณาให้การสนับสนุนและให้กำลังใจด้วยดีตลอดมา

ผู้ศึกษาหวังเป็นอย่างยิ่งว่า ความอนุเคราะห์ต่าง ๆ ที่ได้รับจะส่งผลให้ผลการศึกษาครั้งนี้ ได้รับการนำไปใช้ประโยชน์อย่างเต็มที่

ทศพล ปานามา

พฤศจิกายน 2551

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
กิตติกรรมประกาศ	จ
สารบัญตาราง	ช
สารบัญภาพ	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
วัตถุประสงค์การศึกษา	2
ขอบเขตการศึกษา	3
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง	4
ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับความร้อนในสถานประกอบการ	4
การประเมินค่าความร้อนในสิ่งแวดล้อม	10
มาตรฐานความร้อนในสิ่งแวดล้อม	16
เครื่องมือและอุปกรณ์ในการตรวจวัดดัชนีกระเปาะเปียกและโกลบ	21
ประเภทของเครื่องวัดระดับความร้อนดัชนีกระเปาะเปียกและโกลบ	23
การใช้เครื่องวัดความร้อน WBGT (WBGT Heat Stress Monitor)	25
เทคนิคในการตรวจวัดความร้อนในบริเวณทำงาน	28
บทที่ 3 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน	29
จัดเตรียมวัสดุและอุปกรณ์ของเครื่องวัดความร้อน เวต บัลบ์ โกลบ	31
การดำเนินการสร้างเครื่องวัดความร้อน เวต บัลบ์ โกลบ	34
การปรับแต่งวงจร	37
การสอบเทียบเครื่องมือวัดความร้อน	37
การเปรียบเทียบลักษณะของเครื่องวัดความร้อน เวต บัลบ์ โกลบ ที่สร้างขึ้นกับ เครื่อง HS - 3600	37
สรุปค่าใช้จ่ายในการผลิตเครื่องวัดความร้อน เวต บัลบ์ โกลบ	38

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการทดสอบเครื่องวัดความร้อน.....	40
การสอบเทียบเครื่องวัดความร้อนในห้องปฏิบัติการ	40
การเปรียบเทียบกับเครื่องวัดความร้อน เวต บัลบ์ โกลบ ที่สร้างขึ้นกับเครื่องวัด ความร้อนรุ่น HS - 3600.....	41
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	52
สรุปผลการดำเนินงาน	52
ข้อเสนอแนะ	53
บรรณานุกรม	54
ภาคผนวก	56
ก คู่มือเครื่องวัดความร้อน รุ่น HS-3600.....	58
ข บัญชีท้ายประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ประเภทหรือชนิดของโรงงาน ที่ต้องทำการตรวจวัดความร้อน.....	72
ค ใบรับรองการสอบเทียบ.....	75
ประวัติผู้ศึกษา	77

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 อัตราการใช้ออกซิเจนและอัตราการผลิตความร้อนในการทำงาน ของชายหนัก 70 กิโลกรัม	6
ตารางที่ 2.2 สัดส่วนของการถ่ายเทความร้อนโดยวิธีต่าง ๆ จากร่างกาย	8
ตารางที่ 2.3 การประเมินภาระงาน (อัตราการเผาผลาญอาหารเฉลี่ยในร่างกายของคนงาน ขณะที่ทำกิจกรรมต่างๆ)	13
ตารางที่ 2.4 ตัวอย่างกิจกรรมเปรียบเทียบกับตารางที่ 2.3	15
ตารางที่ 2.5 แสดงตัวอย่างกิจกรรม/ การปฏิบัติงาน ตามระดับความหนักเบา	15
ตารางที่ 2.6 ค่ามาตรฐานความร้อนตามกฎหมายของประเทศไทย	18
ตารางที่ 3.1 การเปรียบเทียบคุณสมบัติของเครื่องวัดอุณหภูมิที่สร้างขึ้นกับเครื่อง จากต่างประเทศ	38
ตารางที่ 3.2 รายการค่าใช้จ่ายในการจัดทำเครื่องวัดความร้อน เวต บัลบ์ โกลบ	38
ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบวัดอุณหภูมิในห้องปฏิบัติการ	41
ตารางที่ 4.2 ตารางการตรวจวัดอุณหภูมิที่ทดสอบ	42
ตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบวัดอุณหภูมิในโรงงาน	46
ตารางที่ 4.4 ผลการทดสอบอุณหภูมิกลุ่ม T_A	47
ตารางที่ 4.5 ผลการทดสอบอุณหภูมิกลุ่ม T_w	48
ตารางที่ 4.6 ผลการทดสอบอุณหภูมิกลุ่ม T_G	49
ตารางที่ 4.7 ผลการทดสอบอุณหภูมิกลุ่ม WBGT	50
ตารางที่ 4.8 สรุปผลการทดสอบทางสถิติ	51

สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 1.1 เครื่องวัดความร้อนที่ใช้โรงงานอุตสาหกรรม.....	2
ภาพที่ 2.1 การจัดเครื่องเพื่อวัดความเค้นของความร้อน.....	11
ภาพที่ 2.2 แสดงอุปกรณ์วัดอุณหภูมิกระเปาะแห้ง.....	21
ภาพที่ 2.3 แสดงอุปกรณ์วัดอุณหภูมิกระเปาะเปียก.....	22
ภาพที่ 2.4 แสดงอุปกรณ์วัดอุณหภูมิชนิดโกลบ.....	23
ภาพที่ 2.5 การจัดเครื่องเพื่อวัดความเค้นของความร้อน.....	24
ภาพที่ 2.6 เครื่องวัดระดับความร้อนดัชนีกระเปาะเปียกและโกลบแบบธรรมดา.....	24
ภาพที่ 2.7 เครื่องวัดระดับความร้อนดัชนีกระเปาะเปียกและโกลบแบบอ่านค่าได้โดยตรง.....	25
ภาพที่ 3.1 เครื่องวัดความร้อน.....	29
ภาพที่ 3.2 ผังขั้นตอนการดำเนินงาน.....	30
ภาพที่ 3.3 วงจรการตรวจวัดอุณหภูมิ.....	31
ภาพที่ 3.4 วงจรการทดลองอุณหภูมิ.....	31
ภาพที่ 3.5 ผังการทำงานของเครื่องวัดความร้อน.....	32
ภาพที่ 3.6 อุปกรณ์วัดอุณหภูมิ.....	32
ภาพที่ 3.7 วงจรแปลงสัญญาณไฟฟ้าให้เป็นความร้อน.....	33
ภาพที่ 3.8 แสดงลักษณะการติดตั้งอุปกรณ์.....	35
ภาพที่ 3.9 แสดงอุปกรณ์ภายในที่ติดตั้งอุปกรณ์แล้ว.....	35
ภาพที่ 3.10 แสดงภาพภายนอกของเครื่องวัดความร้อน เวต บัลบ์ โกลบ.....	36
ภาพที่ 3.11 แสดงตำแหน่งรูปแบบเครื่องสำหรับการใช้งาน.....	36
ภาพที่ 4.1 ตำแหน่งการตรวจวัดที่แผนกเตรียมวัสดุ.....	43
ภาพที่ 4.2 ตำแหน่งการตรวจวัดที่แผนกทดสอบเครื่องจักร.....	43
ภาพที่ 4.3 ตำแหน่งการตรวจวัดที่แผนกผลิตชิ้นส่วนบริเวณงานกลึง.....	44
ภาพที่ 4.4 ตำแหน่งการตรวจวัดที่แผนกผลิตชิ้นส่วนบริเวณเครื่องจักรผลิตอาหาร.....	44
ภาพที่ 4.5 ตำแหน่งการตรวจวัดที่แผนกผลิตถังรับแรงดัน.....	45
ภาพที่ 4.6 ตำแหน่งการตรวจวัดที่แผนกผลิตเครื่องจักรผลิตอาหาร.....	45
ภาพที่ 5.1 เครื่องวัดความร้อนที่สร้างขึ้น.....	52

บทที่ 1

บทนำ

1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

สถานที่ทำงานเปรียบเสมือนบ้านหลังที่สองของพนักงาน เพราะพนักงานจะต้องใช้เวลาอยู่ในสถานที่ทำงานวันละไม่ต่ำกว่า 8 ชั่วโมง ตลอดระยะเวลาที่อยู่ในสถานที่ทำงานสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ ของสถานที่ทำงานมีอิทธิพลต่อการทำงาน และส่งผลกระทบต่อสุขภาพของพนักงานทั้งร่างกายและจิตใจ

การตรวจวัดความร้อนในสถานประกอบการนั้น เป็นการตรวจวัดเพื่อป้องกันการเกิดภาวะอันตรายจากความร้อน อาจมีผลทำให้พนักงานหรือผู้ทำงานเกิดการเป็นลม ช็อคหมดสติ เกิดการขาดน้ำอย่างเฉียบพลัน ซึ่งเป็นภาวะที่อันตรายต่อสุขภาพและชีวิตทั้งสิ้น ดังนั้น จึงควรมีการตรวจวัดความร้อนในสถานประกอบการ เครื่องมือที่ใช้ตรวจวัดความร้อนในสถานประกอบการมีทั้งเครื่องมือแบบธรรมดาและเครื่องมือที่วัดแบบอ่านค่าได้โดยตรง

ผู้ศึกษาได้ตระหนักถึงความสำคัญของการตรวจวัดความร้อน ในสถานประกอบการ โดยใช้เครื่องมือวัดแบบอ่านค่าได้โดยตรง จึงเกิดแนวคิดที่จะศึกษาเพื่อสร้างเครื่องมือมาใช้เองในที่ทำงานเพื่อให้มีข้อมูลเบื้องต้น สำหรับใช้ในการวางแผนปรับปรุงพัฒนาสถานที่ทำงานให้เป็นสถานที่ทำงานที่มีความเหมาะสมมากที่สุด ผู้ศึกษาจึงมีความสนใจที่จะสร้างเครื่องวัดความร้อนที่ขึ้นเอง โดยใช้หลักการเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิให้เป็นแรงดันไฟฟ้า โดยใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ไอซี เพื่อที่จะทำการตรวจจับความร้อน แล้วนำค่าที่วัดได้แสดงผลที่หน้าจอ ดังภาพที่ 1.1



ภาพที่ 1.1 เครื่องวัดความร้อนที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม

จากการศึกษาเครื่องต้นแบบ พบว่าเครื่องต้นแบบใช้หลักการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเป็นความต้านทานทางไฟฟ้า โดยนำค่าความต้านทานทางไฟฟ้ามาแปลงเป็นอุณหภูมิด้วยเหตุนี้ ผู้ศึกษาจึงเกิดแนวความคิดที่จะศึกษาสร้างเครื่องวัดความร้อน โดยใช้หลักการเดียวกันกับเครื่องต้นแบบ

การทดสอบเครื่องมือ ผู้ศึกษาทำการทดสอบเครื่องมือโดยการนำเอาเครื่องมือนี้ส่งไปสอบเทียบกับสถาบันมาตรวิทยา จากนั้นจะนำเครื่องมือมาวัดเทียบกับเครื่องที่สร้างขึ้นจากต่างประเทศ และนำมาทดสอบจริงในโรงงานอีกครั้ง

2. วัตถุประสงค์ของการศึกษา

เพื่อสร้างเครื่องวัดความร้อน เวต บัลบ์ โกลบ (WBGT) ที่สามารถใช้งานได้ตามมาตรฐาน

3. ขอบเขตการศึกษา

ศึกษาและออกแบบสร้างเครื่องวัดความร้อน เวต บัลบ์ โกลบ โดยเครื่องที่สร้างขึ้นสามารถวัดและอ่านค่าอุณหภูมิกระเปาะเปียก กระเปาะแห้ง และ โกลบ ทั้งสามค่ามีการแสดงผลแบบดิจิทัล โดยเครื่องสามารถอ่านค่าได้ที่อุณหภูมิตั้งแต่ 0-60 องศาเซลเซียส

4. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 4.1 ได้อุปกรณ์ตรวจวัดความร้อนที่สามารถใช้งานได้จริงตามมาตรฐานและมีราคา
ประหยัด
- 4.2 สามารถนำอุปกรณ์ไปใช้ในสถานประกอบการได้อย่างมีประสิทธิภาพ
- 4.3 สามารถนำอุปกรณ์ไปใช้ในการสาธิตเพื่อการศึกษา
- 4.4 ช่วยในการเสริมสร้างสภาวะแวดล้อมที่เหมาะสมในการทำงานในสถาน
ประกอบการ

บทที่ 2

วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

1. ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับความร้อนในสถานประกอบการ

1.1 ความหมายของความร้อน

ความร้อนเป็นพลังงานรูปหนึ่ง ซึ่งเกิดจากการสั่นและการชนกันของโมเลกุลและอะตอมของสสาร พลังงานความร้อนที่อยู่ในวัตถุจะอยู่ในรูปของพลังงานจลน์ของโมเลกุล และอะตอมของวัตถุนั้น เมื่อวัตถุได้รับความร้อนเพิ่มขึ้น โมเลกุลและอะตอมจะเคลื่อนที่เร็วขึ้น ทำให้เกิดการสั่นและการชนกันของโมเลกุลและอะตอมเพิ่มมากขึ้น ถ้าวัตถุนั้นเป็นของแข็งก็อาจอ่อนตัวลง ถ้าเป็นของเหลวก็อาจจะระเหยได้เร็วขึ้น และถ้าเป็นก๊าซก็อาจจะขยายตัวหรือเพิ่มอุณหภูมิมากขึ้น ความร้อนเป็นพลังงานที่อาจเปลี่ยนแปลงมาจากพลังงานรูปอื่นได้ เช่น จากพลังเคมี พลังงานไฟฟ้า พลังงานแสงและพลังงานกล เป็นต้น

ความร้อนสามารถวัดจากอุณหภูมิของวัตถุ ซึ่งอุณหภูมิของวัตถุก็คือระดับความร้อนหรือพลังงานจลน์ของโมเลกุลหรืออะตอมของวัตถุนั้น นั่นเอง หน่วยวัดที่นิยมใช้กันในปัจจุบันคือ องศาเซลเซียส องศาฟาเรนไฮต์ องศาสมบูรณ์แรงกิน และองศาสมบูรณ์เคลวิน

วัตถุจะมีการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างกันอยู่เสมอ จำนวนพลังงานความร้อนที่ถูกถ่ายเทจากวัตถุหนึ่งไปยังอีกวัตถุหนึ่งสามารถคำนวณออกมาเป็นปริมาณความร้อน (Quantity of Heat) หน่วยวัดปริมาณความร้อนที่ใช้กันโดยทั่วไปคือ กิโลแคลอรี (Kilocalorie หรือ Kcall) และ บีทียู (British Thermal Units)

ปริมาณความร้อน 1 กิโลแคลอรีเท่ากับปริมาณความร้อนที่ทำให้ น้ำ 1 กิโลกรัม มีอุณหภูมิสูงขึ้น 1 องศาเซลเซียส

ปริมาณความร้อน 1 บีทียู คือ ปริมาณความร้อนที่ทำให้ น้ำ 1 ปอนด์ มีอุณหภูมิสูงขึ้น 1 องศาฟาเรนไฮต์

ปริมาณความร้อน 1 กิโลแคลอรีมีค่าเท่ากับ 3.968 บีทียู

ปริมาณความร้อนที่อยู่ในวัตถุมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิและมวลของวัตถุ ส่วนมวลของวัตถุก็ขึ้นกับจำนวนและขนาดของอะตอมหรือโมเลกุลที่เป็นองค์ประกอบของวัตถุนั้น ดังนั้น

วัตถุที่มีอุณหภูมิต่ำแต่มีมวลมากก็จะมีปริมาณความร้อนสะสมอยู่มาก วัตถุที่มีมวลน้อยแม้จะมีอุณหภูมิสูง เช่น ปรอท ไฟ ก็จะมีปริมาณความร้อนสะสมอยู่น้อย (ที่มา : มนตรี พิรุณเกษตร : 2543)

1.2 ชนิดและแหล่งของความร้อน

ความร้อนที่มีอิทธิพลต่อวัตถุ สิ่งของ และสิ่งมีชีวิตทุกประเภท คนเราก็ต้องอยู่ภายใต้อิทธิพลของความร้อน เช่นเดียวกับวัตถุสิ่งของอื่นๆ ชนิดและแหล่งความร้อน ที่มีอิทธิพลต่อร่างกายของคนประกอบด้วย

1.2.1 ความร้อนจากกระบวนการเผาผลาญสารอาหาร ตามปกติแล้วร่างกายได้รับพลังงานความร้อนโดยกระบวนการเผาผลาญสารอาหารภายในร่างกาย หรือ กระบวนการ เมตาโบลิซึม (Metabolism) สารอาหารที่ถูกเผาผลาญ ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต ไขมัน และ โปรตีน ซึ่งจะให้คาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ กากไนโตรเจน และพลังงานความร้อนออกมา ค่าความร้อนที่ถูกผลิตขึ้นมา สามารถวัดได้จากปริมาณออกซิเจนที่หายใจเข้าไปในขณะพักผ่อนตามสบาย เมื่อหายใจเอาออกซิเจนเข้าไป 1 ลิตร จะผลิตความร้อนออกมาได้ 5 กิโลแคลอรี คนที่มีน้ำหนัก 70 กิโลกรัม โดยเฉลี่ยจะมีพื้นที่ผิวหนังประมาณ 1.8 ตารางเมตร เมื่อหายใจเอาออกซิเจนเข้าไปประมาณ 0.3 ลิตร/นาทิจ จะผลิตความร้อนออกมาประมาณ 1.5 กิโลแคลอรี/นาทิจ หรือเท่ากับ 50 กิโลแคลอรี/พื้นที่ผิวหนัง 1 ตารางเมตร/ชั่วโมง ซึ่งปริมาณเท่ากับ 1 เมตร และค่านี้เรียกว่าอัตราการเผาผลาญสารอาหาร (Basal Metabolism Rate: BMR)

อัตราการเผาผลาญสารอาหารนี้ในแต่ละคนจะแตกต่างกัน ทั้งนี้เนื่องจากความแตกต่างของขนาดร่างกาย การพัฒนาของกล้ามเนื้อ ความสมบูรณ์ของร่างกายและอายุ

1.2.2 ความร้อนจากการทำงาน เมื่อคนเราออกกำลังกาย ทำกิจกรรมหรือทำงานก็จะทำให้ร่างกายต้องการออกซิเจนเพิ่มขึ้น และผลิตพลังงานความร้อนออกมามากขึ้นด้วย โดยทั่วไปคนงานที่มีสุขภาพดีจะใช้ ออกซิเจนด้วยอัตราสูงสุดระหว่าง 2.0- 4.0 ลิตร/นาทิจ ตารางที่ 2.1 แสดงให้เห็นถึงปริมาณของออกซิเจนที่ถูกใช้โดยชายหนัก 70 กิโลกรัม ขณะกำลังทำงานในลักษณะต่างๆ รวมทั้งค่าพลังงานความร้อนที่ผลิตขึ้นและค่าออกซิเจนที่ต้องการเป็นร้อยละของอัตราสูงสุดของการใช้ออกซิเจนของชายคนนี้ที่ความต้องการออกซิเจนตั้งแต่ร้อยละ 50 ของอัตราสูงสุดของการใช้ออกซิเจน ปริมาณออกซิเจนที่หายใจเข้าไปจะไม่เพียงพอต่อความต้องการออกซิเจนของกล้ามเนื้อ ซึ่งเป็นภาวะที่กล้ามเนื้อขาดออกซิเจน ในช่วงนี้กล้ามเนื้อจะได้รับพลังงานจากกระบวนการไกลโคไลซิส (Glycolysis) และจะได้ผลผลิตสุดท้ายออกมาเป็นกรด แลคติก (Lactic acid) กรดนี้จะสะสมอยู่ในเซลล์กล้ามเนื้อ ก่อให้เกิดการล้าของกล้ามเนื้อและเป็นตะคริวได้ เมื่อได้หยุดพักกระบวนการที่ใช้ออกซิเจนก็จะเกิดขึ้น ในตอนนี้ปริมาณออกซิเจนที่ต้องการในช่วงแรกจะสูงแล้ว

ค่อย ๆ ลดลง ในลักษณะเอกซ์โพเนนเชียล (Exponential) จนกระทั่งถึงระดับปกติในยามพักผ่อน หลังจากนั้นกรดแลคติกที่ถูกสะสมไว้ก็จะถูกออกซิไดส์หรือสังเคราะห์ใหม่เป็น ไกลโคเจน และถูกใช้ในกระบวนการหายใจตามปกติต่อไป

กระบวนการดังกล่าวนี้หากเกิดขึ้นในขณะที่ร่างกายอยู่ในสภาพที่มีความเค้นของความร้อน (Heat Stress) ก็จะต้องใช้เวลาพักฟื้นยาวนานขึ้น เพราะต้องใช้เวลาสำหรับการขับความร้อนในช่วงระหว่างการทำงานออกมาก่อนที่กระบวนการนี้จะเริ่มต้น (ที่มา : จักรกฤษณ์ ศิวะเดชาเทพ : 2550)

ตารางที่ 2.1 อัตราการใช้ออกซิเจนและอัตราการผลิตความร้อนในการทำงาน ของชายหนัก 70 กิโลกรัม

ประเภทกิจกรรม	อัตราการใช้ออกซิเจน (ลิตร/นาที)	อัตราการผลิตความร้อน (กิโลแคลอรี/ชั่วโมง)	อัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด		
			ค่าต่ำสุด	ค่ากลาง	ค่าสูงสุด
			2.5	3.0	3.5
			ออกซิเจนที่ต้องการเป็นร้อยละของ อัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด		
นั่งพักผ่อน	0.3	90	12	10	8.5
ทำงานเบา ๆ กับเครื่องจักร	0.66	200	26	22	19
เดินบนทางราบ (1.5 ไมล์/ชม.)	1.00	300	40	33	28
ตัดด้วยพลั่ว (ขึ้นกับอัตราความเร็วและ น้ำหนักที่ต้องยก)	1.50 - 2.00	450 - 600	60 - 80	50 - 66	43 - 58
ขนขี้โลหะ	2.30	700	92	77	66

ที่มา: จักรกฤษณ์ ศิวะเดชาเทพ : 2550

1.2.3 ความร้อนจากสิ่งแวดล้อม นอกจากความร้อนที่เกิดขึ้นภายในร่างกายดังกล่าวมาแล้ว ความร้อนจากสิ่งแวดล้อมก็มีผลต่อร่างกายมากเช่นกัน แหล่งกำเนิดความร้อนในสิ่งแวดล้อมที่สำคัญแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่

ความร้อนจากดวงอาทิตย์ กลุ่มบุคคลที่ต้องสัมผัสกับความร้อนจากดวงอาทิตย์เป็นประจำก็คือ กลุ่มคนที่ต้องทำงานหนักกลางแจ้ง เช่น กรรมกร ชาวนา ชาวไร่ รวมทั้งกลุ่มบุคคลอื่น ๆ ที่ต้องดำเนินกิจกรรมกลางแจ้งเป็นครั้งคราว เช่น ทหาร นักกีฬากลางแจ้งประเภทต่าง ๆ เป็นต้น

ความร้อนจากกระบวนการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรม โรงงานอุตสาหกรรมหลายประเภทที่มีกระบวนการผลิตที่ประกอบด้วยจุดกำเนิดความร้อน ซึ่งจุดกำเนิดความร้อนเหล่านี้ อาจจะเป็นเครื่องจักร เตาเผา เตาหลอม หรือหม้อไอน้ำ เป็นต้น ความร้อนที่เกิดขึ้นจากจุดกำเนิดเหล่านี้ จะทำให้อุณหภูมิในบริเวณที่คนงานปฏิบัติงานสูงขึ้น และความร้อนจะถ่ายเทเข้าสู่ตัวคนงานได้ในที่สุด โรงงานอุตสาหกรรมที่มีจุดกำเนิดความร้อนและมีสภาพการทำงานอยู่ในระดับร้อนจัด เช่น โรงงานหลอมหล่อและเชื่อมโลหะ โรงงานรีดโลหะ โรงงานที่มีกระบวนการอบและเผา โรงถลุงแร่ โรงงานผลิตยา โรงงานทำแก้ว โรงงานเครื่องปั้นดินเผา และโรงงานที่มีการใช้หม้อไอน้ำและแรงดันไอน้ำ เป็นต้น

1.3 กระบวนการถ่ายเทความร้อนระหว่างร่างกายและสิ่งแวดล้อม

กระบวนการแลกเปลี่ยนความร้อน

ร่างกายจะมีการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างผิวหนังหรือเสื้อผ้ากับสิ่งแวดล้อมอยู่เสมอ โดย 4 กระบวนการหลัก คือ การนำความร้อน (Conduction) การพาความร้อน (Convection) การแผ่รังสีความร้อน (Radiation) และการระเหยของความร้อน (Evaporation)

1.3.1 การนำความร้อน เป็นการแลกเปลี่ยนความร้อนโดยตรงโดยการสัมผัส เช่น การถ่ายเทความร้อนจากผิวหนังหรือเสื้อผ้าไปยังเก้าอี้ที่กำลังนั่ง หรือเตียงที่นอนอยู่ เป็นต้น การถ่ายเทความร้อนในลักษณะนี้มีบทบาทน้อยมาก คือ ไม่เกินกว่าร้อยละ 1-2 ของการถ่ายเทความร้อนทั้งหมดของร่างกาย

1.3.2 การพาความร้อน เป็นกลไกของการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างผิวหนังหรือเสื้อผ้ากับอากาศที่อยู่รอบ ๆ ตัว การพาความร้อนจะเพิ่มมากขึ้น ถ้าหากร่างกายมีการเคลื่อนไหวหรืออยู่ในบริเวณที่มีลมพัด

1.3.3 การแผ่รังสีความร้อน เป็นการถ่ายเทความร้อนโดยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าโดยไม่ต้องอาศัยตัวกลาง คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจะถูกผลิตโดยการสั่นของโมเลกุลของพื้นที่ผิวที่ร้อน คลื่นนี้จะเคลื่อนไหวด้วยความเร็วเท่ากับความเร็วของแสง ออกจากพื้นที่ผิวไปยังบริเวณที่เย็นกว่า เมื่อรังสีแม่เหล็กไฟฟ้านี้ไปพบกับร่างกายหรือวัตถุอื่น ๆ ก็จะรบกวนโมเลกุลของพื้นที่ผิวนั้น ๆ และทำให้อุณหภูมิของพื้นที่ผิวนั้น ๆ สูงขึ้น

1.3.4 การระเหยของความร้อน เป็นการแลกเปลี่ยนความร้อนซึ่งเกิดขึ้นจากของเหลวที่กลายเป็นไอและแพร่กระจายออกจากพื้นผิวพร้อมทั้งดึงเอาความร้อนแฝงจากของเหลวออกไปด้วย เนื่องจากร่างกายของคนเราสามารถขับเหงื่อออกมาได้มาก การถ่ายเทความร้อนด้วยวิธีนี้จึงมีอิทธิพลมากต่อการปรับอุณหภูมิของร่างกายให้เหมาะสม โดยเฉพาะในช่วงของการออกกำลังกายอย่างหนักหรือในสภาวะแวดล้อมที่มีความร้อนสูงมาก

นอกจากที่กล่าวมาแล้ว ยังมีการถ่ายเทความร้อนด้วยวิธีอื่นอีก แต่ก็มีสัดส่วนน้อยมาก การระเหยจากผิวหนังสามารถเกิดขึ้นได้ แม้ในสภาวะที่ร่างกายไม่มีเหงื่อและผิวหนังไม่เปียก รวมทั้งโดยการหายใจเอาอากาศที่มีอุณหภูมิออกมา แสดงให้เห็นสัดส่วนของการถ่ายเทความร้อนจากร่างกายโดยวิธีต่าง ๆ กัน โดยเฉลี่ยประมาณ 24 ชั่วโมง ในผู้ชายซึ่งไม่ได้อยู่ในภาวะที่ออกกำลังกาย

ตารางที่ 2.2 สัดส่วนของการถ่ายเทความร้อนโดยวิธีต่าง ๆ จากร่างกาย

วิธีการถ่ายเทความร้อน	ร้อยละของการถ่ายเทความร้อนจากร่างกาย
การระเหย	
โดยการหายใจออก	11
โดยทางผิวหนัง	14
การแผ่รังสีความร้อน	37
การพาความร้อน	29
อื่น ๆ	9
รวม	100

ที่มา: จักรกฤษณ์ ศิวะเดชา : 2550

1.4 กฎของความสมดุลของความร้อน

ในสภาพบรรยากาศที่กำลังสบาย ร่างกายจะถ่ายเทความร้อนที่เกิดจากกระบวนการเผาผลาญสารอาหารออกมาสู่บรรยากาศที่เย็นกว่าโดยการพาความร้อนประมาณ ร้อยละ 25 โดยการแผ่รังสีไปยังพื้นผิวที่เย็นกว่าในบริเวณโดยรอบและวิธีอื่น ๆ ประมาณร้อยละ 50 ที่เหลืออีกประมาณร้อยละ 25 เป็นการถ่ายเทโดยการหายใจออกและการระเหยจากผิวหนัง แต่เนื่องจากการ

สูญเสียความร้อนที่เกิดจากการหายใจมีค่าน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับการถ่ายเทความร้อนจากร่างกายทั้งหมด ดังนั้นในที่นี้จะกล่าวเฉพาะส่วนของการถ่ายเทความร้อนจากผิวหนังเท่านั้น ซึ่งอาจจะแสดงให้เห็นค่าสมการสมดุลความร้อนต่อไปนี้

$$M + R + K + C - E = S$$

- เมื่อ
- M = อัตราการเผาผลาญสารอาหาร
 - R = อัตราการแลกเปลี่ยนความร้อนโดยการแผ่รังสี
 - K = อัตราแลกเปลี่ยนความร้อนโดยการนำ
 - C = อัตราการแลกเปลี่ยนความร้อนโดยการพา
 - E = อัตราการระเหยของความร้อนจากร่างกาย
 - S = อัตราความร้อนซึ่งร่างกายสะสมไว้และเป็นสัดส่วนกับอุณหภูมิภายในร่างกาย

ถ้าร่างกายมีการทำงานก็ต้องนำค่าพลังงานความร้อนที่เกิดขึ้นจากการทำงานมารวมพิจารณาด้วย ดังนี้

$$M + W + R + C + K - E = S$$

เมื่อ W = ค่าพลังงานของความร้อนซึ่งเกิดจากการทำงาน

ในทั้งสองสมการนี้ ในทางปฏิบัติจะใช้เครื่องหมาย + หรือ - อย่างใดอย่างหนึ่งเพียงอย่างเดียว โดยขึ้นกับลักษณะของการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างสิ่งแวดล้อมกับร่างกาย ถ้าร่างกายได้รับความร้อนก็จะใช้เครื่องหมาย + ถ้าร่างกายสูญเสียความร้อนก็จะใช้เครื่องหมาย - (ที่มา : สถาบันความปลอดภัยในการทำงาน : 2549)

2. การประเมินค่าความร้อนในสิ่งแวดล้อม

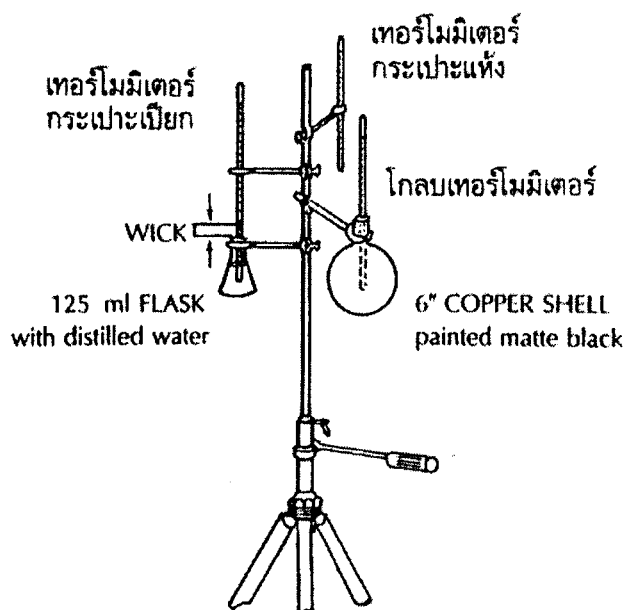
ในการประเมินค่าความร้อนในสถานประกอบการนั้น เพื่อที่จะทราบถึงระดับความรุนแรงของอันตรายจากความร้อน และแนวทางการแก้ไขที่เหมาะสม ทั้งนี้อาจกระทำได้สองทาง คือ การวัดโดยการวิเคราะห์สิ่งแวดล้อม ในรูปดัชนีความเค้นของความร้อน (Heat Stress Indices) และการวิเคราะห์ทางสรีรวิทยาที่เปลี่ยนแปลงไปของคนงาน ในรูปดัชนีความเค้นของความร้อนมีหลายชนิด เช่น ดัชนีความสบาย ดัชนีความร้อน และดัชนีกระเปาะเปียก และ โกลบ ซึ่งสามารถใช้เครื่องมือต่าง ๆ ดังที่กล่าวมาแล้วในการตรวจวัด ดัชนีความเครียดของความร้อนก็มีหลายชนิดเช่นกัน ได้แก่ อัตราการสูญเสียเหงื่อของคนงาน อุณหภูมิที่ผิวหนังและอุณหภูมิส่วนลึกของร่างกาย อัตราการเต้นของหัวใจ อัตราการใช้ออกซิเจนในร่างกาย เป็นต้น

ตามหลักการประเมินความร้อนจะใช้ดัชนีความเค้นเป็นหลัก และใช้ดัชนีความเครียดเป็นส่วนประกอบ อย่างไรก็ตาม ในทางปฏิบัติไม่นิยมใช้ดัชนีความเครียด ทั้งนี้เพราะค่าที่วัดได้มักจะไม่วางที่แน่นอน เครื่องมือที่ใช้วัดยุ่งยากซับซ้อนไม่สามารถบันทึกค่าต่อเนื่องได้ และที่สำคัญที่สุดก็คือทำให้ต้องรบกวนเวลาในการทำงานของคนงานขณะตรวจวัด ดังนั้นโดยทั่วไปจึงใช้ดัชนีความเค้นแต่เพียงอย่างเดียว

ในปัจจุบันได้มีการพัฒนาดัชนีความเค้นขึ้นมาหลายชนิด แต่ที่นิยมใช้กันโดยทั่วไป และเหมาะสมกับสภาพของประเทศไทยมีดังนี้ ดัชนีความสบาย ดัชนีความร้อน ดัชนีกระเปาะเปียกและโกลบ ในที่นี้จะขอกล่าวเฉพาะดัชนีกระเปาะเปียกและโกลบ

2.1 ดัชนีกระเปาะเปียกและโกลบ (Wet Bulb Globe Thermometer ; WBGT) เป็นดัชนีที่สามารถใช้ได้อย่างรวดเร็ว และผู้ใช้ไม่ต้องมีความชำนาญมากนัก ยากู ได้ร่วมมือกับมินาร์ด (Minard) สร้างดัชนีนี้ขึ้นมาโดยมีวัตถุประสงค์ครั้งแรก เพื่อที่จะใช้วัดดัชนีความเค้นของทหารเรืออเมริกันขณะมีการฝึก ซึ่งจากการใช้ในครั้งนั้นปรากฏว่าได้ผลดีมาก ทำให้ความเจ็บป่วยเนื่องจากความร้อนของทหารลดลงอย่างเห็นได้ชัด และทำให้การสูญเสียชั่วโมงการฝึกลดลงไปด้วย ปัจจุบันจึงได้กำหนดให้มีขีดจำกัดเรียกว่า Tentative Threshold Limit Value (TLV) ซึ่งเป็นค่าสูงที่สุดที่คนงานส่วนใหญ่จะสัมผัสได้ในระยะเวลา 8 ชั่วโมงต่อวัน ภายใน 5 วันต่อสัปดาห์

ค่าดัชนี WBGT คำนวณได้จากค่าอุณหภูมิที่วัดได้จากโกลบ อุณหภูมิกระเปาะเปียก และอุณหภูมิกระเปาะแห้งตามธรรมชาติ (การระเหยของน้ำเกิดจากการพัดผ่านของลมที่เคลื่อนในหวตามธรรมชาติ ไม่ใช่จากกระแสลมจากพัดลม) โดยการจัดเครื่องมือที่ใช้วัดรวมกันไว้เป็นชุดดังภาพ 2.1



ภาพที่ 2.1 การจัดเครื่องเพื่อวัดความเค้นของความร้อน

ที่มา : จักรกฤษณ์ ศิวะเดชาเทพ : 2550

2.2 แนวทางการประเมินผลค่าดัชนีกระเปาะเปียกและโกลบ

ค่าดัชนีกระเปาะเปียกและโกลบ เป็นค่าที่ได้จากการคำนวณ ในที่นี้จึงขอแนะนำแนวทางปฏิบัติตามกฎกระทรวงกำหนดมาตรฐานในการบริหารและการจัดการด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงานเกี่ยวกับความร้อน แสงสว่าง และเสียง พ.ศ. 2549 จัดทำโดยฝ่ายพัฒนาความปลอดภัย สถาบันความปลอดภัยในการทำงานในการทํางาน กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน ซึ่งมีแนวทางดังนี้ (ที่มา : สถาบันความปลอดภัยในการทำงาน : 2549)

2.2.1 กรณีใช้อุปกรณ์ตรวจวัดสภาพความร้อนที่ไม่สามารถคำนวณค่าจากเครื่องมือโดยตรง ให้นำค่าที่อ่านได้จากเทอร์โมมิเตอร์มาคำนวณดังสมการต่อไปนี้

สำหรับความร้อนภายนอกสถานประกอบการ (ความร้อนจากดวงอาทิตย์) ใช้สมการ

$$WBGT = 0.7 (T_{nwb}) + 0.2 (T_g) + 0.1 (T_a)$$

สำหรับความร้อนภายในสถานประกอบการใช้สมการ

$$WBGT = 0.7 (T_{nwb}) + 0.3 (T_g)$$

เมื่อ WBGT = ค่าดัชนีวัดสภาพความร้อนในสิ่งแวดล้อม

T_{nwb} = อุณหภูมิกระเปาะเปียกตามธรรมชาติ

T_a = อุณหภูมิกระเปาะแห้ง (องศาเซลเซียส)

T_g = อุณหภูมิโกลบ (องศาเซลเซียส)

อย่างไรก็ตามค่า WBGT จะไม่มีประสิทธิภาพในการบ่งชี้สภาวะความร้อน ถ้าหากอุณหภูมิโกลบ เกินกว่า 40 องศาเซลเซียส

2.2.2 หากคนงานทำงานในบริเวณที่มีสภาพความร้อนแตกต่างกันตั้งแต่สองพื้นที่ขึ้นไป ให้ตรวจวัดสภาพความร้อนในทุกพื้นที่แล้วเลือกช่วงระยะเวลา 2 ชั่วโมงที่ร้อนที่สุด นำค่าที่วัดได้มาคำนวณค่า WBGT เฉลี่ย ดังนี้

$$WBGT_{เฉลี่ย} = \frac{(WBGT_1 \times t_1) + (WBGT_2 \times t_2) + (WBGT_3 \times t_3) + \dots + (WBGT_n \times t_n)}{t_1 + t_2 + t_3 + \dots + t_n}$$

$WBGT_1$ = ค่าดัชนี WBGT ณ จุดทำงานที่ 1, t_1 = ระยะเวลาที่สัมผัสความร้อน ณ จุดทำงานที่ 1

$WBGT_2$ = ค่าดัชนี WBGT ณ จุดทำงานที่ 2, t_2 = ระยะเวลาที่สัมผัสความร้อน ณ จุดทำงานที่ 2

$WBGT_n$ = ค่าดัชนี WBGT ณ จุดทำงานที่ n, t_n = ระยะเวลาที่สัมผัสความร้อน ณ จุดทำงานที่ n

$t_1 + t_2 + t_3 + \dots + t_n = 2$ ชั่วโมงที่มีอุณหภูมิ เวต บัลบ์ โกลบ (WBGT) สูงสุด

2.2.3 ศึกษาระยะเวลาการทำงาน และลักษณะการทำงานของพนักงาน เพื่อประเมินภาระงานว่าลักษณะงานที่ทำในช่วง 2 ชั่วโมงที่ร้อนที่สุดของพนักงาน เป็นลักษณะงานหนัก งานปานกลาง หรืองานเบา โดยคำนวณด้วยสูตรต่อไปนี้

$$\text{Average } M = \frac{(M_1)(t_1) + (M_2)(t_2) + \dots + (M_n)(t_n)}{t_1 + t_2 + \dots + t_n}$$

เมื่อ $M_1, M_2 \dots$ และ M_n คือค่าประมาณความร้อนที่เกิดจากการเผาผลาญอาหารเพื่อสร้างพลังงานสำหรับกิจกรรมต่าง ๆ มีหน่วยเป็น กิโลแคลอรีต่อชั่วโมง หรือกิโลแคลอรีต่อนาที (ตารางที่ 2.3 และตารางที่ 2.4) ในช่วงเวลา t_1, t_2, t_n มีหน่วยเป็นชั่วโมงหรือนาที (ที่มา: ประกาศกรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน.2549)

ตารางที่ 2.3 การประเมินภาระงาน (อัตราการเผาผลาญอาหารเฉลี่ยในร่างกายของคนงานขณะที่ทำกิจกรรมต่างๆ)

ท่าทางและการเคลื่อนไหวของร่างกาย	กิโลแคลอรี/นาที *	
- นิ่ง	0.3	
- ยืน	0.6	
- เดินบนพื้นราบ	2.0-3.0	
- เดินขึ้นที่สูง	3.0 และเพิ่ม 0.8 ทุกความสูงที่เพิ่มขึ้น 1 เมตร	
ชนิดของงาน	ค่าพลังงานเฉลี่ย (กิโลแคลอรี/นาที)	ช่วง
ทำงานด้วยมือ :		
งานเบา (เขียนหนังสือ เช็บปักถักร้อย)	0.4	0.2-1.2
งานหนัก (พิมพ์ดีด นับ/เรียงเอกสาร)	0.9	
ทำงานด้วยแขนข้างเดียว :		
งานเบา (กวาดพื้น เช็ดถูพื้น)	1.5	0.7-2.5
งานหนัก (ตอกตะปู เลื่อยไม้)	2.5	

ตารางที่ 2.3 (ต่อ)

ชนิดของงาน	ค่าพลังงานเฉลี่ย (กิโลแคลอรี/นาที)	ช่วง
ทำงานด้วยแขนทั้ง 2 ข้าง :		
งานเบา (ป้อนชิ้นงาน ตะไบโลหะ งานสวน)	1.5	1.0-3.5
งานหนัก (ไสไม้ แกะสลักไม้)	2.5	
ทำงานด้วยร่างกายทุกส่วน :		
งานเบา (ขับรถยนต์)	3.5	2.5-15.0
งานปานกลาง (ทาสี ขัดถูพื้น ทำความสะอาดพรม)	5.0	
งานหนัก (ลาก ดึง ยกของหนัก)	7.0	
งานหนักมาก (ก่อสร้าง ขุดดิน กู้ยตะกรันในเตาหลอม)	9.0	

ที่มา : สถาบันความปลอดภัยในการทำงาน : 2549

หมายเหตุ * ค่ากำหนดสำหรับคนงานมาตรฐาน ซึ่งมีน้ำหนักตัว 70 กิโลกรัม (154 ปอนด์) มีพื้นที่ผิวของร่างกาย 1.8 ตารางเมตร (19.4 ตารางฟุต) และสวมเสื้อผ้าปกปิดขณะปฏิบัติงาน

ตารางที่ 2.4 ตัวอย่างกิจกรรมเปรียบเทียบกับตารางที่ 2.3

ลักษณะงาน: การประกอบชิ้นงานใช้เครื่องมือหนัก	กิโกลแคลอรี/นาที
1. เดินไปเรื่อยๆ	2.0
2. ใช้สองแขน (งานหนัก) และใช้ร่างกายทุกส่วน(งานเบา)	3.0
3. เมตาบอลิซึมพื้นฐานของร่างกาย	1.0
รวม	6.0

ที่มา: สถาบันความปลอดภัยในการทำงาน : 2549

ตารางที่ 2.5 แสดงตัวอย่างกิจกรรม/การปฏิบัติงาน ตามระดับความหนักเบา

ความหนักเบา	ตัวอย่างกิจกรรม/การปฏิบัติงาน
งานเบา (ไม่เกิน 200 กิโล แคลอรี/ชั่วโมง)	<ul style="list-style-type: none"> - นั่งทำงาน โดยมีการเคลื่อนไหวของแขน-ขาปานกลาง เช่น งานสำนักงาน - ขับรถยนต์ขนาดเล็ก ตรวจสอบ/ประกอบชิ้นส่วนวัสดุเบา เข็มปักถักร้อย - ยืนทำงานโดยมีการเคลื่อนไหวของลำตัวเล็กน้อย เช่น ควบคุมเครื่องจักร - บรรจุก้อนน้ำหนักเบา การใช้เครื่องมือกล/เครื่องทุ่นแรงขนาดเล็ก - เดินด้วยความเร็วไม่เกิน 2 ไมล์/ชั่วโมง (3.2 กิโลเมตร/ชั่วโมง) เช่น เดินตรวจ งาน หรือเดินส่งเอกสารจำนวนเล็กน้อย
งานปานกลาง (201-350 กิโล แคลอรี/ชั่วโมง)	<ul style="list-style-type: none"> - นั่งทำงานโดยมีการเคลื่อนไหวหรือใช้กำลังแขน-ขาค่อนข้างมาก เช่น นั่งควบคุมปั้นจั่น เคน หรือเครื่องจักรกลขนาดใหญ่ในงานก่อสร้าง ประกอบ/บรรจุก้อนที่มีน้ำหนักค่อนข้างมาก ขับรถบรรทุกขนาดใหญ่ - ยืน/เคลื่อนไหวลำตัวขณะทำงาน เช่น ยกของที่มือน้ำหนักปานกลาง ลาก-ดึงรถเข็นวัสดุที่มีล้อเลื่อน ทำงานในห้องเก็บของ ยืนตอกตะปู ใช้เครื่องมือกลขนาดปานกลาง ยืนป้อนชิ้นงาน การขัดถู ทำความสะอาด รีดผ้า - เดินด้วยความเร็ว 2-3 ไมล์/ชั่วโมง (3.2 – 4.8 กิโลเมตร/ชั่วโมง) หรือเดินโดยมีการถือวัสดุที่น้ำหนักไม่มาก เช่น เดินส่งเอกสารหรือห่อวัสดุสิ่งของ

ตารางที่ 2.5 (ต่อ)

ความหนักเบา	ตัวอย่างกิจกรรม/การปฏิบัติงาน
งานหนัก (มากกว่า 350 กิโลแคลอรี/ชั่วโมง)	<ul style="list-style-type: none"> - ทำงานที่มีการเคลื่อนไหวลำตัวมาก/อย่างรวดเร็ว หรือต้องมีการออกแรงมาก เช่น ลาก ดึง หรือยกของที่มีน้ำหนักมาก (> 20 kg) โหนหรือปีนขึ้นไปสูงงาน เลื่อยไม้ ขุดหรือเซาะดิน/ทรายที่มีความชันสูง คู้ตะกรันในเตาหลอมแกละสลัก โลหะหรือหิน การขุดคูพื้นหรือพรมที่สกปรกมาก ๆ งานก่อสร้างและงานหนักที่ต้องปฏิบัติกลางแจ้ง - เดินเร็วๆ หรือวิ่งด้วยความเร็วมากกว่า 3 ไมล์/ชั่วโมง (4.8 กิโลเมตร/ชั่วโมง)

ที่มา : สถาบันความปลอดภัยในการทำงาน : 2549

3. มาตรฐานความร้อนในสิ่งแวดล้อม

การประเมินค่าความร้อนในสิ่งแวดล้อม เป็นวิธีการที่ใช้ในทางวิชาการ ซึ่งยากต่อการนำไปปฏิบัติกันอย่างกว้างขวาง ดังนั้นเพื่อให้เกิดความสะดวกในทางปฏิบัติยิ่งขึ้น จึงต้องใช้ค่ามาตรฐานความร้อนแทนซึ่งจะกล่าวถึงมาตรฐานความร้อนทั้งที่ใช้ในประเทศและต่างประเทศโดยสรุปดังนี้

3.1 มาตรฐานความร้อนในสถานประกอบการของประเทศไทย ในปัจจุบันประเทศไทยใช้ประกาศของกระทรวงต่าง ๆ ดังนี้

3.1.1 ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่องมาตรการคุ้มครองความปลอดภัยในการประกอบกิจการโรงงานเกี่ยวกับสภาวะแวดล้อมในการทำงาน พ.ศ. 2546

3.1.2 กฎกระทรวง กำหนดมาตรฐานในการบริหารและการจัดการด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงานเกี่ยวกับความร้อน แสงสว่าง และเสียง พ.ศ. 2549 โดยมีสาระสำคัญดังนี้ (ที่มา : กระทรวงแรงงาน : 2549)

“อุณหภูมิเวทบัลล์โกลบ” (Wet Bulb Globe Temperature - WBGT) หมายความว่า (1) อุณหภูมิที่วัดเป็นองศาเซลเซียสซึ่งวัดนอกอาคารที่ไม่มีแสงแดดหรือในอาคาร มีระดับความร้อนเท่ากับ 0.7 เท่าของอุณหภูมิที่อ่านค่าจากเทอร์โมมิเตอร์กระเปาะเปียกตามธรรมชาติบวก 0.3 เท่าของ

อุณหภูมิที่อ่านค่าจากโกลบเทอร์โมมิเตอร์ หรือ (2) อุณหภูมิที่วัดเป็นองศาเซลเซียส ซึ่งวัดนอกอาคารที่มีแสงแดดมีระดับความร้อน เท่ากับ 0.7 เท่าของอุณหภูมิที่อ่านค่าจากเทอร์โมมิเตอร์ กระเปาะเปียกตามธรรมชาติ บวก 0.2 เท่าของอุณหภูมิที่อ่านค่าจากโกลบเทอร์โมมิเตอร์ และบวก 0.1 เท่าของอุณหภูมิที่อ่านค่าจากเทอร์โมมิเตอร์ กระเปาะแห้ง

“ระดับความร้อน” หมายความว่า อุณหภูมิเวดบัลล์โกลบในบริเวณที่ลูกจ้างทำงาน ตรวจวัด โดยค่าเฉลี่ยในช่วงเวลาสองชั่วโมงที่มีอุณหภูมิเวดบัลล์โกลบสูงสุดของการทำงานปกติ

“สภาวะการทำงาน” หมายความว่า สภาวะแวดล้อมซึ่งปรากฏอยู่ในบริเวณที่ทำงาน ของลูกจ้างซึ่งรวมถึงสภาพต่าง ๆ ในบริเวณที่ทำงาน เครื่องจักร อาคาร สถานที่ การระบายอากาศ ความร้อน แสงสว่าง เสียง ตลอดจนสภาพและลักษณะการทำงานของลูกจ้างด้วย

“งานเบา” หมายความว่า ลักษณะงานที่ใช้แรงน้อยหรือใช้กำลังงานที่ทำให้เกิดการเผาผลาญอาหารในร่างกายไม่เกิน 200 กิโลแคลอรีต่อชั่วโมง เช่น งานเขียนหนังสือ งานพิมพ์ดีด งานบันทึกข้อมูล งานเย็บจักร งานนั่งตรวจสอบผลิตภัณฑ์ งานประกอบชิ้นงานขนาดเล็ก งานบังคับเครื่องจักรด้วยเท้า การยืนคุมงาน หรืองานอื่นที่เทียบเคียงได้กับงานดังกล่าว

“งานปานกลาง” หมายความว่า ลักษณะงานที่ใช้แรงปานกลางหรือใช้กำลังงานที่ทำให้เกิดการเผาผลาญอาหารในร่างกายเกิน 200 กิโลแคลอรีต่อชั่วโมง ถึง 350 กิโลแคลอรีต่อชั่วโมง เช่น งานยก ลาก ดัน หรือเคลื่อนย้ายสิ่งของด้วยแรงปานกลาง งานตอกตะปู งานตะไบ งานขับรถบรรทุก งานขับรถแทรกเตอร์ หรืองานอื่นที่เทียบเคียงได้กับงานดังกล่าว

“งานหนัก” หมายความว่า ลักษณะงานที่ใช้แรงมาก หรือใช้กำลังงานที่ทำให้เกิดการเผาผลาญอาหาร ในร่างกายเกิน 350 กิโลแคลอรีต่อชั่วโมง เช่น งานที่ใช้พลั่วหรือเสียมขุดตักงานเลื่อยไม้ งานเจาะไม้ เนื้อแข็ง งานทุบ โดยใช้มือขนาดใหญ่มากหรือเคลื่อนย้ายของหนักขึ้นที่สูงหรือที่ลาดชัน หรืองานอื่นที่เทียบเคียงได้กับงานดังกล่าว

3.1.3 ประกาศกระทรวงแรงงาน กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน เรื่อง หลักเกณฑ์ วิธีดำเนินการตรวจวัดและวิเคราะห์สภาวะการทำงานเกี่ยวกับระดับความร้อน แสงสว่าง หรือเสียงภายในสถานประกอบกิจการ ระยะเวลา และประเภทกิจการที่ต้องดำเนินการ พ.ศ. 2550 โดยมีสาระสำคัญดังนี้

อุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจวัดระดับความร้อน ประกอบด้วย

1) เทอร์โมมิเตอร์กระเปาะแห้ง เป็นชนิดปรอทหรือแอลกอฮอล์ที่มีความละเอียดของสเกล 0.5 องศาเซลเซียส และมีความแม่นยำบวกหรือลบ 0.5 องศาเซลเซียส มีการกำบังป้องกันเทอร์โมมิเตอร์จากแสงอาทิตย์และการแผ่รังสีความร้อน

2) เทอร์โมมิเตอร์กระเปาะเปียกตามธรรมชาติ มีผ้าฝ้ายชั้นเดียวที่สะอาด ห่อหุ้มกระเปาะหยดน้ำกลั่นลงบนผ้าฝ้ายที่หุ้มกระเปาะให้เปียกชุ่ม และปล่อยให้ปลายอีกด้านหนึ่งของผ้าจุ่มอยู่ในน้ำกลั่นตลอดเวลา

อุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจวัดระดับความร้อนต้องทำการสอบเทียบความถูกต้อง (Calibration) อย่างน้อยปีละครั้ง

ในกรณีที่มิใช่ใช้อุปกรณ์ตรวจวัดดังที่กล่าว ให้ใช้เครื่องวัดระดับความร้อนที่สามารถอ่านและคำนวณ ค่าอุณหภูมิ เวตบัลล์โกลบ (WBGT) ได้โดยตรงตามมาตรฐาน ISO 7243 ขององค์การมาตรฐานระหว่างประเทศ (International Organization For Standardization) หรือเทียบเท่า และให้ทำการสอบเทียบความถูกต้อง (Calibration) ก่อนใช้งานทุกครั้ง

วิธีการตรวจวัดระดับความร้อนให้ติดตั้งอุปกรณ์หรือเครื่องวัดในตำแหน่งสูงจากพื้นระดับหน้าอกของลูกจ้าง ก่อนเริ่มอ่านค่าต้องตั้งทิ้งไว้อย่างน้อยสามสิบนาที

โดยกฎหมายทั้ง 3 ฉบับ ได้กำหนดวิธีการตรวจวัดและค่ามาตรฐานไว้สอดคล้องกัน คือ กำหนดให้ใช้ดัชนีกระเปาะเปียกและโกลบ (Wet Bulb Globe Temperature, WBGT) ในการประเมินสภาพความร้อน สำหรับค่ามาตรฐานกำหนดไว้ตามความหนักเบาของงาน สรุปได้ดังตารางที่ 2.6

ตารางที่ 2.6 ค่ามาตรฐานความร้อนตามกฎหมายของประเทศไทย

	ความหนักเบาของงาน	อุณหภูมิเป็นองศาเซลเซียส เวตบัลล์โกลบ ($^{\circ}\text{C}$ WBGT)
งานเบา	ไม่เกิน 200 กิโลแคลอรี/ชั่วโมง	34
งานปานกลาง	201 ถึง 350 กิโลแคลอรี/ชั่วโมง	32
งานหนัก	เกิน 350 กิโลแคลอรี/ชั่วโมง	30

ที่มา : สุควา เลิศวิสุทธิไพบูลย์ : 2551

ทั้งนี้ หากผลการตรวจประเมินไม่ได้ตามมาตรฐานข้างต้น นายจ้างจะต้องดำเนินการปรับปรุงแก้ไขให้เป็นไปตามกฎหมาย

การตรวจวัดระดับความร้อนบริเวณที่มีลูกจ้างปฏิบัติงานอยู่ในสภาพการทำงานปกติ ในบริเวณที่มีระดับความร้อนสูง และตรวจวัดในเดือนที่มีอากาศร้อนของปี สำหรับประเภทหรือ ชนิดของโรงงานที่ต้องทำการตรวจวัดความร้อนกำหนดไว้ในบัญชีท้ายประกาศ คูได้จาก ภาคผนวก ข

3.2 คุณลักษณะเครื่องมือตรวจวัดสภาพความร้อนตามมาตรฐาน ISO 7243

3.2.1 หัววัดอุณหภูมิชนิดกระเปาะเปียก (Natural Wet Bulb Temperature Sensor) จะต้องเป็นไปตามคุณลักษณะ ดังนี้

- ชุดหัววัดอุณหภูมิต้องเป็นทรงกระบอก
- เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกของชุดหัววัดอุณหภูมิ 6 มิลลิเมตร \pm 1

มิลลิเมตร

- ความยาวของชุดหัววัดอุณหภูมิ 30 มิลลิเมตร \pm 5 มิลลิเมตร
- ช่วงการตรวจวัดอุณหภูมิ 5 - 40 องศาเซลเซียส
- ความแม่นยำในการตรวจวัด \pm 0.5 องศาเซลเซียส
- ชุดหัววัดอุณหภูมิทั้งหมดจะต้องถูกห่อหุ้มโดยปลอกหุ้มสีขาว ทำจากผ้า

วัสดุที่ซึมซับน้ำได้ดี เช่น ผ้าฝ้าย เป็นต้น

- ส่วนฐานของชุดหัววัดอุณหภูมิ จะต้องมีส่วนเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 6 มิลลิเมตร และ 20 มิลลิเมตร และทั้งสองส่วนจะต้องถูกห่อหุ้มด้วยปลอกผ้า เพื่อป้องกันการนำความร้อนจากส่วนฐานไปสู่ชุดหัววัดอุณหภูมิ

- ปลอกผ้าจะต้องเป็นปลอกหุ้มที่มีขนาดพอดีกับชุดหัววัดอุณหภูมิ ปลอกผ้าที่แน่นไป หรือหลวมไปจะมีผลต่อความแม่นยำในการตรวจวัด

- ปลอกผ้าจะต้องสะอาด
- ส่วนปลายสุดของปลอกผ้าจะต้องจุ่มอยู่ภายในกระเปาะน้ำกลั่น โดยมี

ส่วนปลอกผ้าที่สัมผัสอากาศระหว่าง 20 - 30 มิลลิเมตร

- กระเปาะเก็บน้ำ ต้องออกแบบมาเพื่อป้องกันการแผ่รังสีจากสิ่งแวดล้อม ซึ่งจะมีผลให้อุณหภูมิของน้ำที่อยู่ภายในสูงขึ้น

3.2.2 หัววัดอุณหภูมิชนิดโกลบ (Globe Temperature Sensor) หัววัดอุณหภูมิชนิดโกลบอยู่กึ่งกลางของกระเปาะทรงกลม หัววัดนี้จะต้องเป็นไปตามคุณลักษณะดังนี้

- เส้นผ่านศูนย์กลาง 150 มิลลิเมตร
- Mean Emission Coefficient : 0.95 (กระเปาะทรงกลมสีดำด้าน)
- ความหนา : บางที่สุดเท่าที่จะทำได้
- ช่วงการตรวจวัด 20 -120 องศาเซลเซียส

- ความแม่นยำในการตรวจวัด :

- ช่วง 20 - 50 องศาเซลเซียส : ± 0.5 องศาเซลเซียส

- ช่วง 50 - 120 องศาเซลเซียส : ± 1 องศาเซลเซียส

สำหรับอุปกรณ์ชนิดอื่นที่ตรวจวัดอุณหภูมิชนิดกระเปาะเปียก และอุณหภูมิชนิด
โกลบ หลังจากทำการสอบเทียบในช่วงที่กำหนดแล้ว ให้ผลความแม่นยำเท่ากัน ก็สามารถนำมาใช้ได้

3.2.3 การตรวจวัดอุณหภูมิอากาศ (Measurement of Air Temperature) การตรวจวัด
อุณหภูมิอากาศ โดยปกติชุดหัววัดอุณหภูมิ จะต้องมีอุปกรณ์ป้องกันการแผ่รังสี แต่ไม่ขัดขวางการ
ไหลเวียนของอากาศรอบชุดหัววัด

- ช่วงการตรวจวัด 10 - 60 องศาเซลเซียส

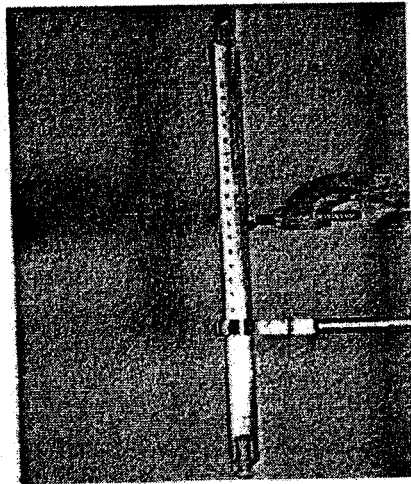
- ความแม่นยำ ± 1 องศาเซลเซียส

3.3 มาตรฐานความร้อนของต่างประเทศ เนื่องจากในต่างประเทศโดยเฉพาะประเทศ
ที่พัฒนาแล้วจะมีความพร้อมทั้งทางด้านวิชาการ อุปกรณ์เครื่องมือ และบุคลากรในการตรวจวัด
ค่าความร้อนมากกว่าประเทศไทย ดังนั้น ค่ามาตรฐานความร้อนจึงมีลักษณะที่เป็นไปตามวิธีการ
ทางวิชาการ และมีเนื้อหาสาระครอบคลุมมากกว่าของประเทศไทย ตัวอย่างเช่น ค่ามาตรฐานความ
ร้อนของประเทศสหรัฐอเมริกา ที่เสนอแนะโดย National Institute for Occupation Safety and
Health (NIOSH) จะประกอบด้วยมาตรการหลายๆ ด้านรวมกัน ได้แก่ การปฏิบัติงาน การตรวจวัด
สภาพแวดล้อม การบริการทางการแพทย์ การฝึกอบรมให้แก่คนงาน การจัดให้มีป้ายหรือสัญญาณ
เตือนภัย การติดตามตรวจสอบสภาพแวดล้อม และการเก็บบันทึกข้อมูลที่เกี่ยวข้องต่างๆ เป็นต้น

4. เครื่องมือและอุปกรณ์ในการตรวจวัดดัชนีภาวะเปียกและglob

เครื่องวัดระดับความร้อนดัชนีภาวะเปียกและglob ประกอบด้วยเทอร์โมมิเตอร์ 3 ชนิด คือ เทอร์โมมิเตอร์ภาวะแห้ง เทอร์โมมิเตอร์ภาวะเปียกตามธรรมชาติ และเทอร์โมมิเตอร์ชนิดglob ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.1 เทอร์โมมิเตอร์ภาวะแห้ง (Dry Bulb Thermometer , DB) เป็นชนิดปรอทหรือแอลกอฮอล์ที่มีความละเอียดของสเกล 0.5 องศาเซลเซียส และมีความแม่นยำบวกหรือลบ 0.5 องศาเซลเซียส มีการกำบังป้องกันเทอร์โมมิเตอร์จากแสงอาทิตย์และการแผ่รังสีความร้อน ผ่านการสอบเทียบความถูกต้องและได้รับการรับรองจากหน่วยงานที่เชื่อถือได้ และเลือกช่วงของอุณหภูมิที่วัดได้ให้เหมาะสมกับอุณหภูมิที่จะใช้งาน ควรอยู่ในช่วง -5 องศาเซลเซียส ถึง 50 องศาเซลเซียส

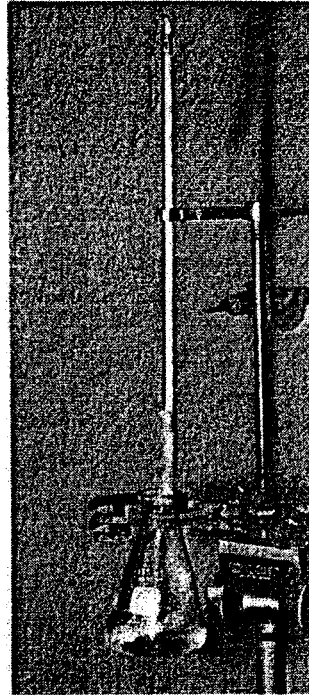


ภาพที่ 2.2 แสดงอุปกรณ์วัดอุณหภูมิภาวะแห้ง

ที่มา : ปิติ พุฒไชยศรีและคณะ : 2550

4.2 เทอร์โมมิเตอร์ภาวะเปียกตามธรรมชาติ (Natural Wet Bulb Thermometer , NWB) เป็นเทอร์โมมิเตอร์ที่มีผ้าฝ้ายชั้นเดียวที่สะอาดห่อหุ้มภาวะ หยดน้ำกลั่นลงบนผ้าฝ้ายที่หุ้มภาวะให้เปียกชุ่ม และปล่อยให้ปลายอีกด้านหนึ่งของผ้าจุ่มอยู่ในน้ำกลั่นตลอดเวลาและสัมผัสแต่ลมธรรมชาติเท่านั้น ซึ่งแตกต่างการวัดอุณหภูมิภาวะเปียกที่ได้จากไซโครมิเตอร์ (TWB) ซึ่งสัมผัสกับลมจากพัดลมดูดอากาศของไซโครมิเตอร์

เทอร์โมมิเตอร์กระเปาะเป็ยกตามธรรมชาติ ต้องมีการสอบเทียบมาตรฐานและวัดอุณหภูมิได้ในช่วง -5 องศาเซลเซียส ถึง 50 องศาเซลเซียส

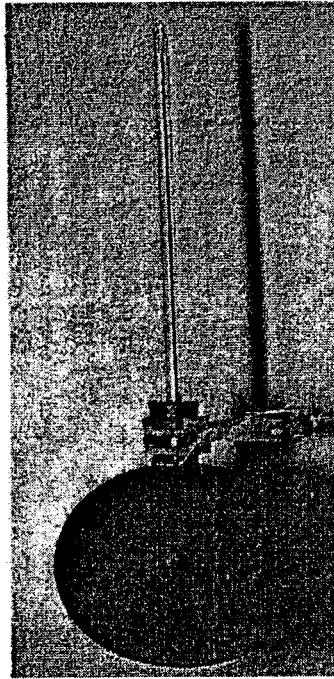


ภาพที่ 2.3 แสดงอุปกรณ์วัดอุณหภูมิกระเปาะเป็ยก

ที่มา : ปิติ พูลไชยศรีและคณะ : 2550

4.3 เทอร์โมมิเตอร์ชนิดโกลบ (Globe Thermometer, GT) สำหรับวัดการแผ่รังสีความร้อนจากการทำงานประกอบด้วย โกลบซึ่งทำจากโลหะทองแดงบางทรงกลมกลวง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 เซนติเมตร ผิวด้านนอกทาดด้วยสีดำชนิดพิเศษที่สามารถดูดกลืนรังสีความร้อนได้ดี และมีเทอร์โมมิเตอร์เสียบเข้าไปในโลหะทรงกลมนี้ โดยให้ปลายกระเปาะของเทอร์โมมิเตอร์อยู่ที่กึ่งกลางของโลหะทรงกลม โกลบเทอร์โมมิเตอร์ต้องมีช่วงการตรวจวัดตั้งแต่ -5 ถึง 100 องศาเซลเซียส

เทอร์โมมิเตอร์ทั้งสามชนิดนี้ต้องมีความแม่นยำ ± 0.5 องศาเซลเซียส นอกจากนี้ จะต้องมีการสอบเทียบความถูกต้องของเครื่องมือ โดยการสอบเทียบเทอร์โมมิเตอร์ที่ใช้ในการตรวจวัดว่ามีคุณลักษณะข้างต้นหรือไม่ โดยทำการสอบเทียบอุปกรณ์จากหน่วยงานที่ได้รับการรับรองอย่างน้อยปีละ 1 ครั้ง หรือตามคู่มือที่ผู้ผลิตกำหนดไว้



ภาพที่ 2.4 แสดงอุปกรณ์วัดอุณหภูมิชนิดโกลบ

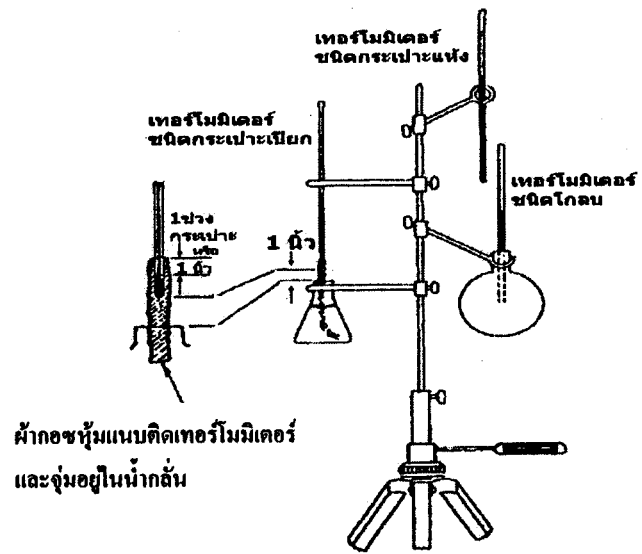
ที่มา : ปิติ พูลไชยศรีและคณะ : 2550

4.4 อุปกรณ์ประกอบ ในการตรวจวัดอาจใช้อุปกรณ์ประกอบ เช่น ขาดัง สำหรับติดตั้ง และยึดอุปกรณ์ทั้ง 3 ข้างต้น

5. ประเภทของเครื่องวัดระดับความร้อนดัชนีกระเปาะเปียกและโกลบ

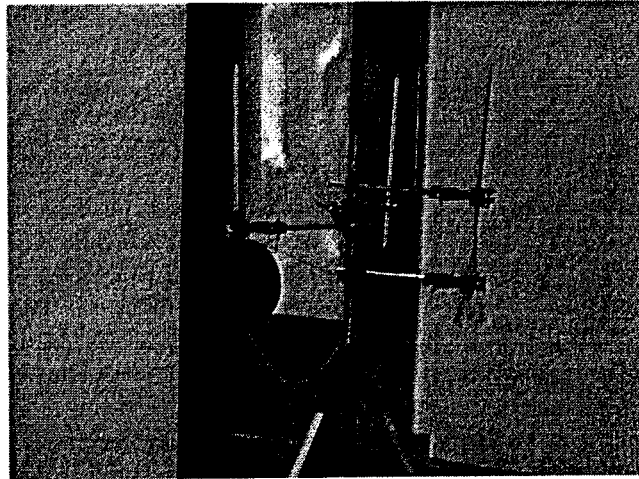
เครื่องวัดระดับความร้อนดัชนีกระเปาะเปียกและโกลบ แบ่งได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่ แบบธรรมดา (Conventional) และแบบที่สามารถอ่านค่าและคำนวณค่า WBGT ได้โดยตรง

5.1 เครื่องวัดระดับความร้อนดัชนีกระเปาะเปียกและโกลบแบบธรรมดา ประกอบด้วย เทอร์โมมิเตอร์ 3 ชนิด คือ เทอร์โมมิเตอร์กระเปาะแห้ง เทอร์โมมิเตอร์กระเปาะเปียกตามธรรมชาติ และเทอร์โมมิเตอร์ชนิดโกลบ



ภาพที่ 2.5 การจัดเครื่องเพื่อวัดความเค้นของความร้อน

ที่มา : สถาบันความปลอดภัยในการทำงาน : 2549

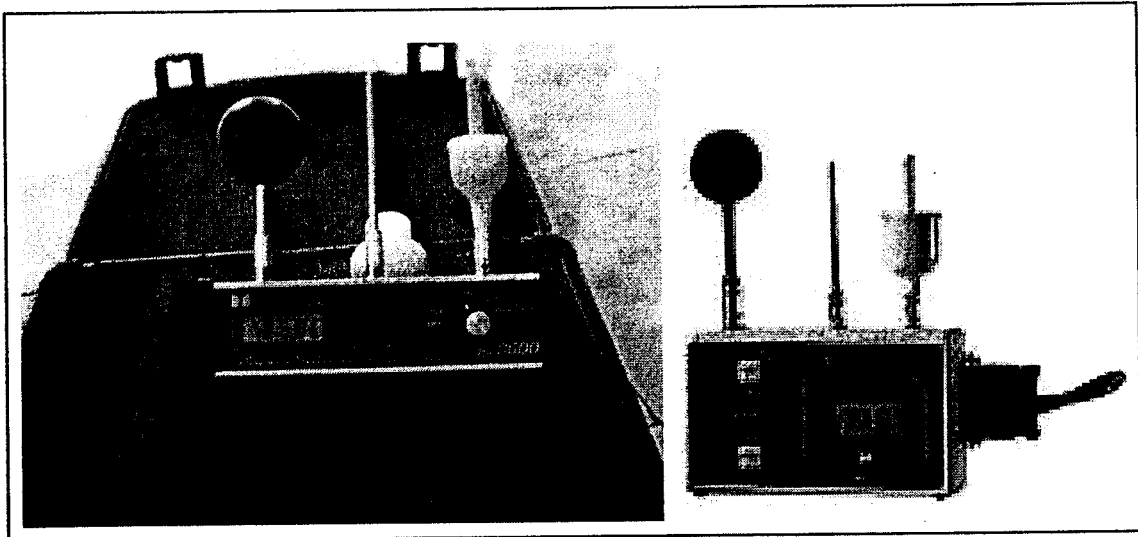


ภาพที่ 2.6 เครื่องวัดระดับความร้อนดัชนีกระเปาะเปียกและโกลบแบบธรรมดา

ที่มา : สุดาว เลิศวิสุทธิไพบูลย์ : 2551

5.2 เครื่องวัดระดับความร้อนดัชนีกระเปาะเปียกและโกลบแบบอ่านค่าได้โดยตรง

ปัจจุบันการตรวจวัดความร้อนในสิ่งแวดล้อมการทำงานสามารถทำได้สะดวกและรวดเร็วขึ้น โดยใช้เครื่องมือตรวจวัดที่สามารถอ่านค่าได้โดยตรง มีการแสดงผลเป็น ดิจิตอล ดังภาพที่ 2.7 ซึ่งโดยทั่วไปมีข้อดีคือ ขนาดกะทัดรัด เคลื่อนย้ายได้สะดวก สามารถตรวจวัดความร้อนในสถานประกอบการโดยประเมินผลแบบพื้นที่ โดยการตรวจวัดอุณหภูมิการแผ่รังสีความร้อน อุณหภูมิกระเปาะแห้ง อุณหภูมิกระเปาะเปียกได้จาก 3 Sensor คือ เทอร์โมมิเตอร์กระเปาะเปียก ตามธรรมชาติ เทอร์โมมิเตอร์กระเปาะแห้ง และเทอร์โมมิเตอร์ชนิดโกลบ (Natural Wet Bulb, Dry Bulb และ Globe) แล้วนำมาคำนวณออกมาเป็นค่า WBGT-Index ทั้งภายในและภายนอกอาคาร (WBGT indoor และ WBGT outdoor) เพื่อรายงานผลตามกฎหมาย



ภาพที่ 2.7 เครื่องวัดระดับความร้อนดัชนีกระเปาะเปียกและ โกลบแบบอ่านค่าได้โดยตรง

6. การใช้เครื่องวัดความร้อน WBGT (WBGT Heat Stress Monitor)

6.1 กรณีใช้เครื่องวัดระดับความร้อนดัชนีกระเปาะเปียกและโกลบแบบธรรมดา มีขั้นตอนดังนี้ (ที่มา : สุดาว เลิศวิสุทธิไพบูลย์ : 2551)

6.1.1 จัดเตรียมและตรวจสอบอุปกรณ์หรือเครื่องมือที่ใช้ในการตรวจวัดระดับความร้อนให้มีคุณลักษณะตามที่กำหนดไว้

6.1.2 ในการติดตั้งเทอร์โมมิเตอร์กระเปาะแห้งกับขาตั้งนั้น ขณะตรวจวัดต้องหาสิ่งปิดกั้นเทอร์โมมิเตอร์กระเปาะแห้งจากดวงอาทิตย์และแหล่งแผ่รังสีความร้อนอื่นๆ โดยที่สิ่งกำบังนั้นต้องไม่จำกัดการหมุนเวียนของอากาศรอบๆ กระเปาะเทอร์โมมิเตอร์

6.1.3 สำหรับเทอร์โมมิเตอร์กระเปาะเปียก ผ้ากอซที่ใช้หุ้มกระเปาะเปียก ควรหุ้มให้สูงเลยกระเปาะขึ้นไปเท่ากับความยาวของกระเปาะ ผ้ากอซที่ใช้ควรเป็นผ้าใหม่ทุกครั้ง และจะต้องเปียกตลอดเวลา อย่างน้อยครึ่งชั่วโมง ก่อนที่จะอ่านค่าอุณหภูมิปลายผ้ากอซต้องจุ่มลงในน้ำตลอดเวลา โดยอาจต้องใช้วิธีหยคน้ำกลั่นหรือผิบน้ำโดยตรงไปที่ผ้ากอซที่หุ้มกระเปาะเทอร์โมมิเตอร์ กระเปาะเปียกเพื่อให้ผ้าเปียกชื้นตลอดทั่วถึง โดยปลายอีกด้านหนึ่งของผ้าจุ่มอยู่ในน้ำกลั่นให้จัดกระเปาะของเทอร์โมมิเตอร์อยู่สูงเหนือระดับน้ำกลั่นที่บรรจุในภาชนะ ประมาณ 1 นิ้ว นำไปติดตั้งกับขาตั้ง

ใช้ผ้าฝ้ายหรือผ้ากอซสะอาด (ชั้นเดียว) หุ้มที่กระเปาะเทอร์โมมิเตอร์สูงถึงจุดเหนือกระเปาะ ประมาณหนึ่งช่วงกระเปาะหรือ ประมาณ $1 - 1 \frac{1}{4}$ นิ้ว และต่อหุ้มยาวลงไปให้ปลายอีกด้านหนึ่งจุ่มลงในภาชนะบรรจุน้ำกลั่น โดยส่วนกระเปาะจะอยู่เหนือน้ำ ประมาณ 1 นิ้ว ผ้าฝ้ายที่หุ้มกระเปาะต้องแนบติดเทอร์โมมิเตอร์และเปียกตลอดเวลา

6.14. ตั้งเทอร์โมมิเตอร์โกลบไว้อย่างน้อย 25 นาที ก่อนจะอ่านค่า เพื่อให้เกิดสมดุลระหว่างความร้อนจากการแผ่รังสีและการพาความร้อน

6.1.5 นำเทอร์โมมิเตอร์ที่สามารถอ่านค่าในช่วง -5 ถึง 100 องศาเซลเซียส มาเสียบเข้ากับจุกยางที่เจาะรูตรงกลาง จุกยางนี้มีขนาดเท่ากับปากเปิดของโกลบ ปิดปากโกลบด้วยจุกยางเสียบเทอร์โมมิเตอร์นี้ ให้กระเปาะของเทอร์โมมิเตอร์อยู่ตรงจุดศูนย์กลางของโกลบ แล้วนำไปติดตั้งกับขาตั้ง

6.1.6 ปรับระดับให้เทอร์โมมิเตอร์ทั้ง 3 ชนิดข้างต้น อยู่ในตำแหน่งสูงจากพื้นระดับหน้าอกของลูกจ้าง

6.1.7 ใช้ขาตั้งยึดหรือแขวนเทอร์โมมิเตอร์ทั้งสามนี้ ในบริเวณที่อากาศสามารถพัดผ่านได้ โดยไม่มีสิ่งใดหรือเงาบังเทอร์โมมิเตอร์กระเปาะเปียกและโกลบ และตั้งจุดตรวจวัดนี้ไว้ใกล้กับจุดที่คนทำงานอยู่มากที่สุด ทั้งนี้ต้องไม่ขัดขวางการทำงานของคนงาน รวมทั้งมีการติดตั้งเพื่อตรวจวัดในบริเวณที่คนงานพักด้วย

6.1.7 ตั้งอุปกรณ์หรือเครื่องมือไว้อย่างน้อย 30 นาที ก่อนอ่านค่า จากนั้นให้บันทึกค่า NWB, GT, DB หรือค่า WBGT ที่อ่านได้ และระยะเวลาการทำงานของพนักงานในจุดการทำงานนั้น ๆ

6.1.8 อุปกรณ์ประกอบอื่น ๆ ที่ใช้ ได้แก่

- 1.) ขาดัง เพื่อติดตั้งเครื่องมือ
- 2.) มือจับ (Clamp) เพื่อใช้จับเทอร์โมมิเตอร์ ชนิดต่าง ๆ กับขาดังกาวหนังไก่ สำหรับผูกมัดขาดังเข้าด้วยกัน
- 3.) น้ำกลั่น และแก้ว Flask 125 มิลลิลิตร
- 4.) ผ้ากอซ
- 5.) นาฬิกาจับเวลา

6.2 กรณีใช้เครื่องวัดระดับความร้อนดัชนีกระเปาะเปียกและโกลบแบบอ่านค่าได้

โดยตรง

การใช้เครื่องมือวัดระดับความร้อน WBGT แบบอ่านค่าได้โดยตรง โดยทั่วไปจะมีวิธีการที่คล้ายคลึงกันไม่ว่าจะใช้เครื่องมือยี่ห้อใด อย่างไรก็ตาม ผู้ใช้ควรศึกษารายละเอียดของเครื่องมือเหล่านั้น เช่น ส่วนประกอบต่าง ๆ และปุ่มการใช้งาน วิธีการใช้งาน การอ่านค่า การบำรุงรักษา และข้อควรระวัง เพื่อให้การตรวจวัดเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

ในที่นี้จะได้นำเสนอการใช้เครื่องวัดระดับความร้อน WBGT แบบอ่านค่าได้โดยตรงยี่ห้อ Metrosonics รุ่น HS - 3600 ซึ่งมีแนวทางในการใช้งานดังนี้

6.2.1 ตรวจสอบหัววัดชนิดกระเปาะเปียกว่าสะอาดหรือไม่ ถ้าไม่สะอาดหรือมีคราบให้ทำความสะอาดก่อนที่จะเติมน้ำลงไปและปิดฝาให้เรียบร้อย

6.2.2 ควรติดตั้งเครื่องในที่ที่สูง 1.1 เมตร (3.5 ฟุต) สำหรับการตั้งเครื่องในแนวตั้ง และ 0.6 เมตร (2 ฟุต) กรณีที่ตั้งบนแกน Sensor Array การติดตั้งบนขาดังควรติดตั้งให้อยู่ในตำแหน่งที่ไม่โดนสิ่งใดปิดกั้น

6.2.3 ปิดสวิตช์ เพื่อเริ่มทำงาน ในกรณีหน้าจอแสดงผลแบตเตอรี่ที่มีปริมาณต่ำกว่าที่กำหนดไว้ เช่น 6.4 โวลต์ ให้ทำการเปลี่ยนแบตเตอรี่

6.2.4 รอประมาณ 10 นาที เพื่อให้หัววัดและตัวเครื่องปรับอุณหภูมิให้เท่ากับสภาพแวดล้อมที่ไปทำการตรวจวัด แล้วจึงอ่านผลการตรวจวัด ที่แสดงผลต่าง ๆ ณ ตำแหน่งนั้น ๆ

6.2.5 ในการใช้งานจะต้องตรวจสอบ เพื่อให้แน่ใจว่าเทอร์โมมิเตอร์กระเปาะเปียกชื้นน้ำอยู่ภายหลังจากการเติมน้ำหรือการเปลี่ยนสถานที่ตั้งเครื่องใหม่ทุกครั้ง จะต้องปล่อยให้เครื่องทำงานก่อนเป็นเวลา 10 นาที ก่อนทำการตรวจวัดค่าเครื่อง เพื่อให้การอ่านค่าของโกลบและกระเปาะเปียกมีเสถียรภาพ (ที่มา : Metrosonic : 1984)

สำหรับข้อควรระวังในการใช้งาน มีดังนี้

- 1.) การใช้แบตเตอรี่ ถ้าทำการประจุไฟฟ้า ให้ทำในบริเวณที่ไม่ก่อให้เกิดการจุดติดระเบิด
- 2.) ไม่ตั้งเครื่องวัดระดับความร้อนในสถานที่ทำงานที่มีอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมสูงเกินกว่า 60 องศาเซลเซียส
- 3.) ภายหลังตรวจวัดเสร็จแล้ว ควรถอดแบตเตอรี่ออกทุกครั้ง
- 4.) ทำความสะอาดอุปกรณ์ และให้กระเปาะเปียกแห้งก่อนเก็บใส่กล่อง

7. เทคนิคในการตรวจวัดความร้อนในบริเวณทำงาน

การเลือกจุดที่จะทำการตรวจวัด ควรเลือกตรวจวัดในบริเวณทำงานและเป็นบริเวณที่มีความร้อนสูงกว่าที่อื่น เพื่อจะได้ค่าที่แท้จริง ในการตรวจวัดคนงานไม่ควรอยู่ตรงบริเวณที่ทำการตรวจวัด เพราะจะมีการแผ่รังสีความร้อนออกจากร่างกาย และมีผลต่อการเคลื่อนที่ของอากาศ วิธีที่ควรปฏิบัติ คือ

ทันทีที่คนงานออกจากบริเวณนั้น ให้รีบนำเครื่องมือเข้าไปติดตั้ง วิธีนี้จะไม่ค่อยดี หากมีการเปลี่ยนแปลงสิ่งแวดล้อมอย่างรวดเร็ว

ในกรณีที่คนงานทำงานในบริเวณนั้นเป็นเวลานาน ควรตรวจวัดเป็นระยะ ๆ เช่น ชั่วโมงละครั้งหรือทุกครึ่งชั่วโมง หรือในบริเวณที่คนงานเข้าไปทำงานเพียง 2-3 นาที/กะ ควรตรวจวัด 2-3 ครั้ง / กะ

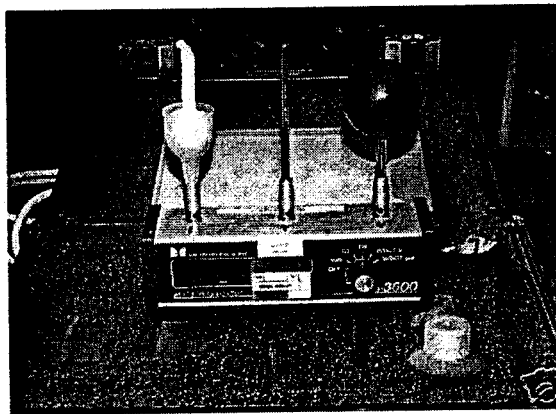
ในกรณีที่คนงานต้องเคลื่อนที่ไปในบริเวณกว้าง และมีความร้อนแตกต่างกันหลายบริเวณ (Zone) อนุญาตให้กะประมาณได้จากบริเวณต่าง ๆ

ในระหว่างเก็บข้อมูล ควรตรวจวัดนอกอาคาร โดยใช้ Psychrometer และบันทึกข้อมูลเกี่ยวกับเมฆ ความเร็วลม ปัจจุบันการตรวจวัดความร้อนในสิ่งแวดล้อมการทำงานสามารถทำได้สะดวกและรวดเร็วขึ้น โดยใช้เครื่องมือตรวจวัดที่สามารถอ่านค่าได้เลย ซึ่งความถูกต้องน่าเชื่อถือของการวัดขึ้นอยู่กับความถูกต้องแม่นยำของเครื่องมือที่ต้องมีการสอบเทียบความถูกต้องอย่างสม่ำเสมอ

บทที่ 3

ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน

ผู้ศึกษาได้ทำการศึกษาหลักการทำงานของเครื่องวัด ยี่ห้อ Metrosonic รุ่น HS-3600 ดังแสดงในภาพที่ 3.1 โดยในส่วนของทฤษฎีได้พิจารณาจากคู่มือการทำงานของเครื่องและสำหรับ ส่วนของการปฏิบัติก็ได้มีการทดสอบนำเครื่องวัดไปทำการทดลองการใช้งาน

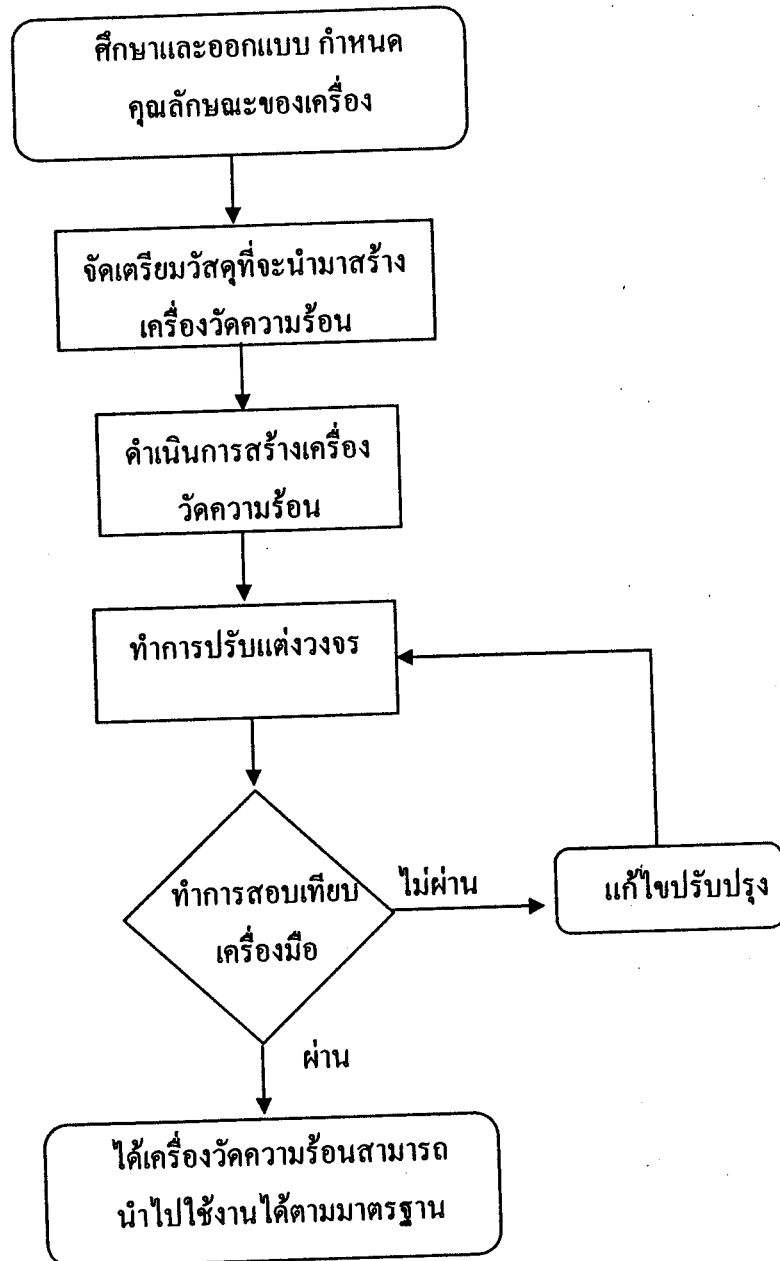


ภาพที่ 3.1 เครื่องวัดความร้อน

จากผลการศึกษาพบว่าคุณสมบัติของเครื่องที่นำมาศึกษามีดังต่อไปนี้

1. จอแสดงผลสามารถแสดงผลอุณหภูมิเป็นดิจิทัล
2. สามารถเปลี่ยนหน่วยของอุณหภูมิองศาเซลเซียสเป็นองศาฟาเรนไฮต์ได้
3. สามารถอ่านค่าอุณหภูมิกระเปาะเปียก กระเปาะแห้ง และ โกลบได้
4. ความละเอียดในการแสดงผลต่ำสุดอยู่ที่ 0.1 องศาเซลเซียส
5. สามารถวัดอุณหภูมิได้ที่ 0 องศาเซลเซียส ถึง 100 องศาเซลเซียส

แนวคิดในการสร้างเครื่องวัดอุณหภูมิเวตบอล์บ์โกลบ นี้คือ ต้องสามารถวัดค่าอุณหภูมิ กระเปาะเปียก กระเปาะแห้ง และ โกลบ ได้ตามเครื่องต้นแบบ โดยมีขั้นตอนการดำเนินการสร้าง และพัฒนาเครื่องวัดความร้อน เวต บัลบ์โกลบดังผังดำเนินการดูได้จากภาพที่ 3.2



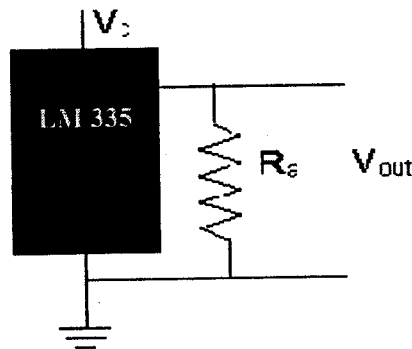
ภาพที่ 3.2 ผังขั้นตอนการดำเนินงาน

1. จัดเตรียมวัสดุและอุปกรณ์ของเครื่องวัดความร้อน เวต บัลบ์ โกลบ

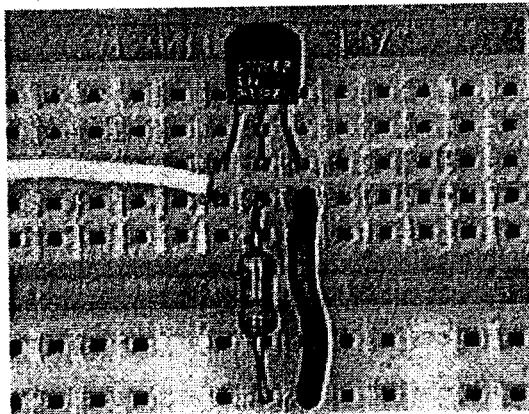
สำหรับเครื่องวัดความร้อนจะใช้วัสดุและอุปกรณ์ที่สามารถหาซื้อได้ง่ายในประเทศ โดยประกอบด้วย ส่วนวงจรตรวจวัดอุณหภูมิ ที่ใช้กันในงานอุตสาหกรรมโดยทั่วไป ชุดเทอร์โมมิเตอร์ ทั้งสามชุด ได้แก่ เทอร์โมมิเตอร์กระเปาะเปียก เทอร์โมมิเตอร์กระเปาะแห้ง โกลบ สวิตช์ปรับตำแหน่ง ก่อ่งพลาสติกสำหรับทำตัวเครื่องวัดความร้อน โดยมีรายละเอียดดังนี้

1.1 วงจรวัดอุณหภูมิ

ใช้ตัวตรวจจับเป็น Temperature Transducer LM335 โดยมีคุณสมบัติคือเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลงไป 1 องศา จะทำให้แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวตรวจจับมีค่าเปลี่ยนแปลงไป 0.01 โวลต์ ดังภาพที่ 3.3 เป็นวงจรตรวจวัดอุณหภูมิโดยใช้ Transducer LM 335 เมื่อไว้วงจรแล้วทำการทดสอบอุณหภูมิโดยใช้วงจรตามภาพที่ 3.4



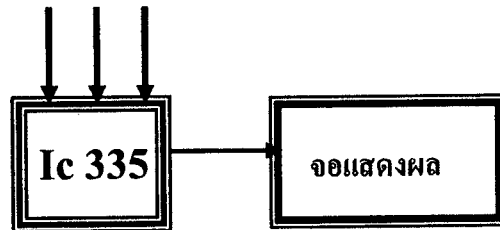
ภาพที่ 3.3 วงจรการตรวจวัดอุณหภูมิ



ภาพที่ 3.4 วงจรการทดลองอุณหภูมิ

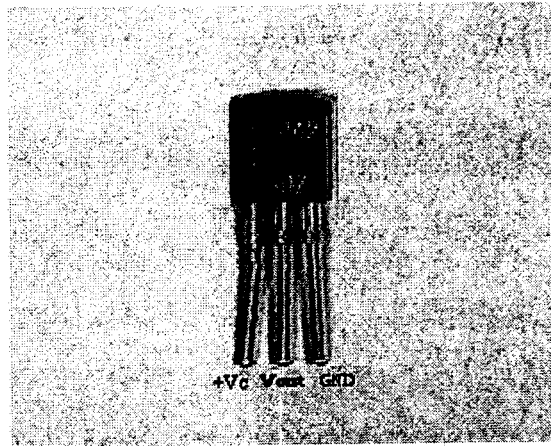
ทำการออกแบบวงจรและตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์วัดอุณหภูมิ กำหนดตำแหน่งอุณหภูมิ ทั้งสามจุด โดยกำหนดเป็นผังการทำงานดังภาพที่ 3.5

เลือกอุณหภูมิ 3 จุด



ภาพที่ 3.5 ผังการทำงานของเครื่องวัดความร้อน

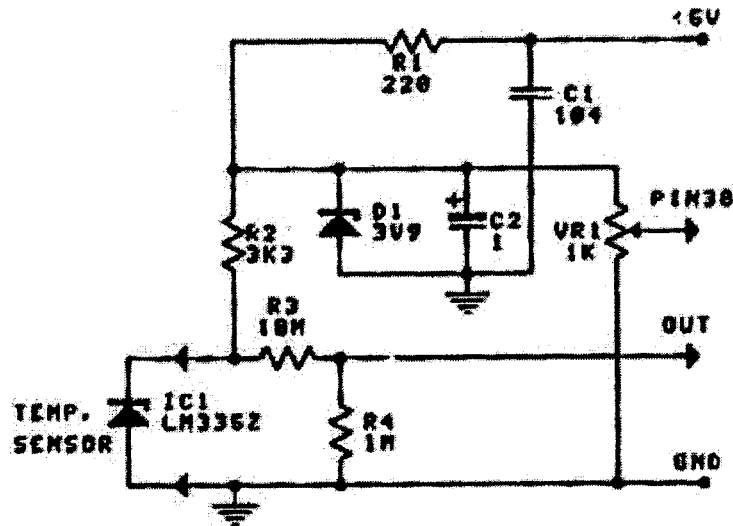
การออกแบบเครื่องวัดความร้อน ใช้ไอซี 335 เป็นตัววัดอุณหภูมิ เกิดแรงดันไฟฟ้าขึ้น จำนวนหนึ่ง จากนั้นจะนำแรงดันไฟฟ้าที่เกิดขึ้นนำมาแปลงเป็นค่าความร้อน ดังภาพที่ 3.6



ภาพที่ 3.6 อุปกรณ์วัดอุณหภูมิ

ทำการออกแบบวงจร โดยให้ตรงกับคุณสมบัติของอุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์

ดั่งภาพที่ 3.7



ภาพที่ 3.7 วงจรแปลงสัญญาณไฟฟ้าให้เป็นความร้อน

1.2 ตัวเครื่องวัดความร้อน เวต บัลบ์ โกลบ

สำหรับตัวเครื่องวัดความร้อน เวต บัลบ์ โกลบ ทำจากกล่องพลาสติกสีดำซึ่งเป็นกล่องสำหรับใส่อุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ โดยมีขนาด 13.5 x 7 x 6 เซนติเมตร

1.3 เทอร์โมมิเตอร์กระเปาะแห้ง

ทำจากท่อสแตนเลสขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 6.35 มิลลิเมตร โดยขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อสแตนเลสสามารถใส่เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ LM 335 ได้พอดี

1.4 เทอร์โมมิเตอร์กระเปาะเปียก

ทำจากท่อสแตนเลสขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 6.35 มิลลิเมตร โดยขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อสแตนเลสสามารถใส่เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ LM 335 ได้พอดี

กระเปาะเก็บน้ำทำจากท่อ PVC มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 28 มิลลิเมตร สูงประมาณ 30 มิลลิเมตร

ชุดหัววัดอุณหภูมิทั้งหมดจะต้องถูกห่อหุ้มโดยปลอกหุ้มสีขาว ทำจากผ้าวัสดุที่ซึมซับน้ำได้ดี

ปลอกผ้าต้องทำปลอกหุ้มที่มีขนาดพอดีกับชุดหัววัดอุณหภูมิ ปลอกผ้าที่แน่นไปหรือหลวมไปจะมีผลต่อความแม่นยำในการตรวจวัด

ส่วนปลายสุดของปลอกผ้าจะต้องจุ่มอยู่ภายในกระเปาะน้ำกลั่น โดยมีส่วนปลอกผ้าที่สัมผัสอากาศระหว่าง 20 - 30 มิลลิเมตร

1.5 โกลบ

โกลบทำจากแผ่นทองแดงหนาประมาณ 2 มิลลิเมตร มาป้อนขึ้นรูปทั้งสองด้านโดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 50.8 มิลลิเมตร โดยมีขนาดเท่ากับเครื่องต้นแบบ และนำมาทำสีดำด้าน

1.6 จอแสดงผล

จอแสดงผลสามารถแสดงผลการตรวจวัดอุณหภูมิเป็นดิจิตอล โดยอ่านผลเป็นหน่วยของสาขาเซลเซียส

1.7 สวิตช์ปรับอุณหภูมิ

สวิตช์ปรับตำแหน่งอุณหภูมิใช้เป็นสวิตช์หมุนเลือกตำแหน่งสามารถเลือกได้ 4 ตำแหน่งคือ ตำแหน่งปิด ตำแหน่งวัดอุณหภูมิกระเปาะเปียก ตำแหน่งวัดอุณหภูมิกระเปาะแห้ง ตำแหน่งวัดอุณหภูมิโกลบ

2. การดำเนินการสร้างเครื่องวัดความร้อน เวต บัลบ์ โกลบ

เมื่อจัดเตรียมวัสดุต่าง ๆ ได้ครบถ้วนนำอุปกรณ์มาประกอบเข้าด้วยกันดังนี้

2.1 อุปกรณ์สำหรับทำตัวโกลบ

นำแผ่นทองแดง 2 มิลลิเมตร ทำการเขียนแบบร่างที่แผ่นทองแดง จำนวน 2 แผ่น และนำแผ่นทองแดงมาตัดออก เมื่อตัดแผ่นทองแดงออกแล้วนำแผ่นทองแดงที่ได้มาป้อนขึ้นรูปจะได้แผ่นทองแดงที่เป็นครึ่งวงกลม 2 ชิ้น นำชิ้นหนึ่งไปเจาะรูและเชื่อมต่อเพื่อใส่เทอร์โมมิเตอร์ หลังจากเจาะรูเชื่อมแล้วนำทองแดงครึ่งวงกลมทั้ง 2 ชิ้นมาประกอบเข้าด้วยกัน และนำไปทำสีดำด้าน

2.2 อุปกรณ์สำหรับทำเทอร์โมมิเตอร์

นำท่อสแตนเลสขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6.35 มิลลิเมตร มาทำการตัดออกเป็น 3 ท่อ และ นำไอซี LM 335 ใส่เข้าไปภายในท่อสแตนเลสและซีลด้วยน้ำยาอีพ็อกซี่

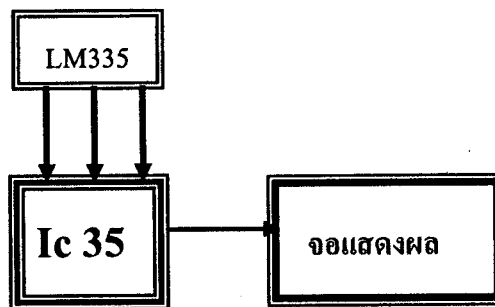
2.3 แผงวงจร

นำแผ่นปริ้นท์มาทำการแกะรายวงจรและทำการกัดกรุด เพื่อให้ได้วงจรสำหรับทำวงจรและนำอุปกรณ์ ไอซี มาทำการเชื่อมต่อด้วยเครื่องบัดกรี

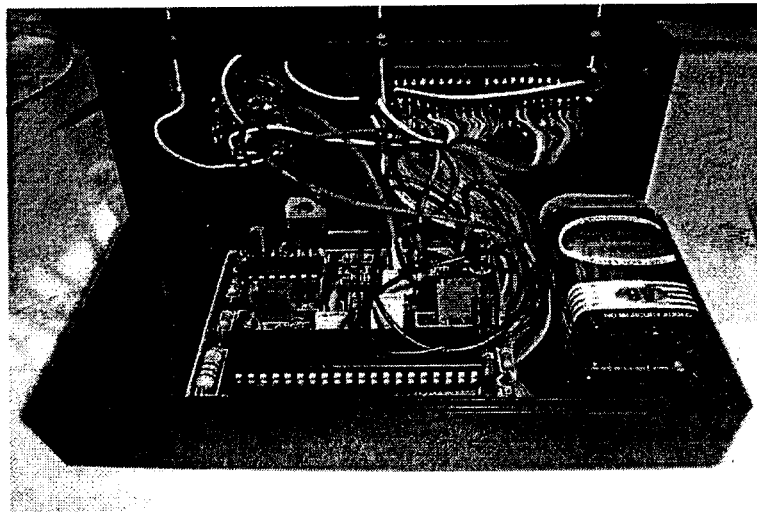
2.4 ตัวเครื่องวัดความร้อน

ทำการเขียนแบบร่างและทำการเจาะรูตามตำแหน่งต่าง ๆ

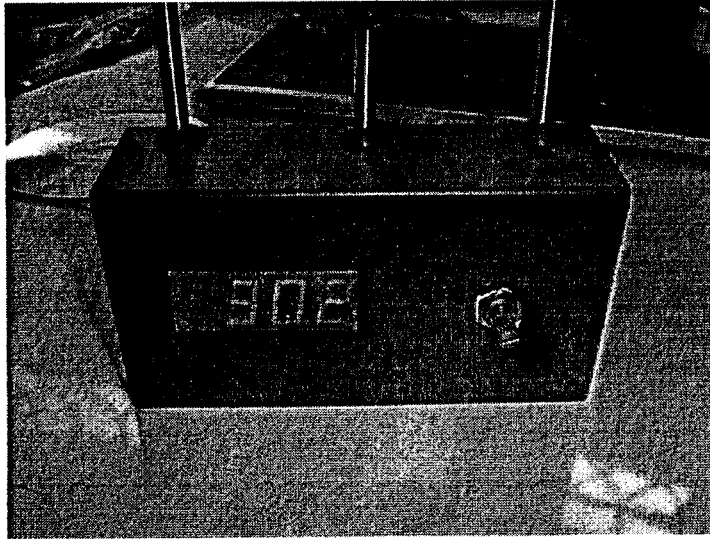
นำอุปกรณ์ที่จัดทำไว้มาประกอบเข้าด้วยกัน โดยนำแผงวงจรใส่ลงในกล่องพลาสติก เพื่อใช้เป็นตัวเครื่อง และนำเทอร์โมมิเตอร์ทั้งสามตัวประกอบเข้าตามตำแหน่งและนำสาย ไอซี LM 335 เชื่อมต่อเข้ากับวงจรพร้อมจอแสดงผลตามผัง ดังภาพที่ 3.8



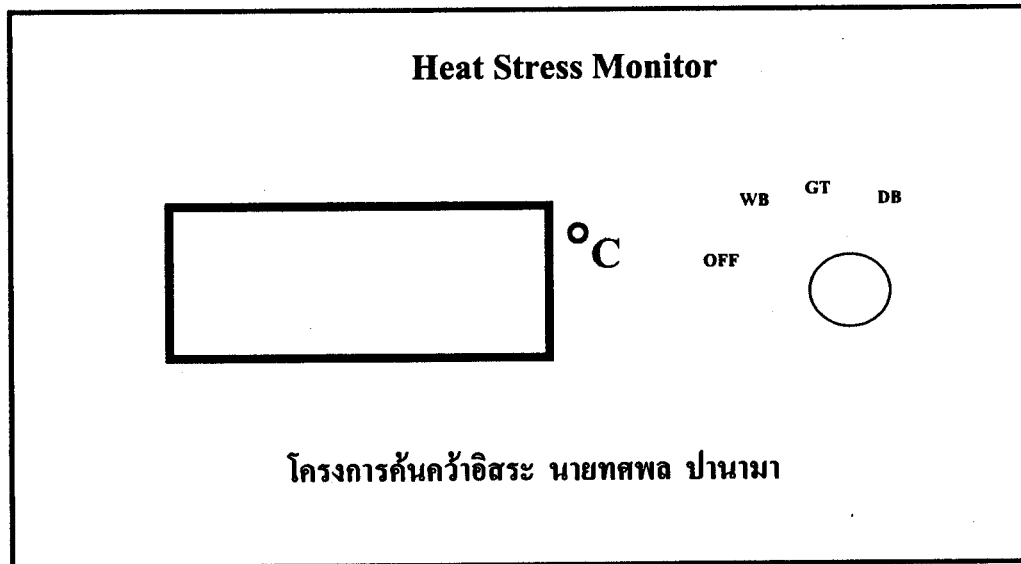
ภาพที่ 3.8 แสดงลักษณะการติดตั้งอุปกรณ์



ภาพที่ 3.9 แสดงอุปกรณ์ภายในที่ติดตั้งอุปกรณ์แล้ว



ภาพที่ 3.10 แสดงภาพภายนอกของเครื่องวัดความร้อน เวต บัลบ์ โกลบ



ภาพที่ 3.11 แสดงตำแหน่งรูปแบบเครื่องสำหรับการใช้งาน

3. การปรับแต่งวงจร

เมื่อได้เครื่องวัดความร้อนที่สร้างขึ้นแล้วนำเครื่องมาทำการปรับแต่งโดยเทียบกับเครื่องวัดความร้อน รุ่น HS-3600 โดยการปรับค่าความต้าน VR-1 ให้ได้ค่าที่อุณหภูมิความร้อนทั้งกระเปาะเปียก กระเปาะแห้ง และโกลบ ค่าอุณหภูมิที่ได้ออกมาจะต้องใกล้เคียงกับเครื่องที่นำมาปรับเทียบอุณหภูมิ

4. การสอบเทียบเครื่องมือวัดความร้อน

เมื่อทำการปรับแต่งวงจรเครื่องจนสามารถใช้งานได้แล้ว จึงนำเครื่องไปทำการสอบเทียบเครื่องมือวัด โดยมีขั้นตอนดังนี้

4.1 ส่งเครื่องวัดไปทำการสอบเทียบ ณ ห้องปฏิบัติการของบริษัท ไอแคล จำกัด

4.2 นำเครื่องวัดที่ผ่านการสอบเทียบไปทำการตรวจวัดเทียบกับเครื่องวัดความร้อน

HS-3600

ขั้นตอนวิธีการสอบเทียบและผลของการสอบเทียบเครื่องมือวัดความร้อน เวต บัลบ์ โกลบ ที่สร้างขึ้นแสดงไว้ในบทที่ 4

5. การเปรียบเทียบลักษณะของเครื่องวัดความร้อน เวต บัลบ์ โกลบ ที่สร้างขึ้นกับเครื่อง HS -3600

หลังจากที่ได้มีการออกแบบและสร้างเครื่องวัดความร้อนแล้วก็สามารถเปรียบเทียบคุณลักษณะเครื่องวัดที่สร้างขึ้นกับเครื่องวัดที่นำมาจากต่างประเทศได้ดังแสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 การเปรียบเทียบคุณสมบัติของเครื่องวัดอุณหภูมิที่สร้างขึ้นกับเครื่องจากต่างประเทศ

คุณสมบัติเครื่อง	เครื่องที่สร้างขึ้น	เครื่องนำเข้า
ย่านการตรวจวัด	0-60 องศาเซลเซียส	0-100 องศาเซลเซียส
การแสดงผลการตรวจวัด	ตัวเลข	ตัวเลข
ขนาด	13.5x7x6 ซม.	15x5x5 ซม.
น้ำหนัก	250 กรัม	700 กรัม
ราคา	2,500 บาท	80,000 บาท

6. สรุปค่าใช้จ่ายในการผลิตเครื่องวัดความร้อน เวต บัลบ์ โกลบ

หลังจากที่ได้มีการสร้างเครื่องวัดความร้อนแล้วเสร็จก็สามารถสรุปค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นได้ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 3.2 รายการค่าใช้จ่ายในการจัดทำเครื่องวัดความร้อน เวต บัลบ์ โกลบ

รายการ	ราคา
1. กล่องเครื่องมือ	150 บาท
2. วงจรตรวจวัดความร้อน	700 บาท
3. SENSOR วัดอุณหภูมิ	200 บาท
4. จอแสดงผล	100 บาท
5. สายไฟ, ลูกบิด, สวิตช์,	200 บาท
6. Battery 9V 2 ก้อน	60 บาท
7. ค่าสอบเทียบ	2,700 บาท
รวม	4,110 บาท

หมายเหตุ เนื่องจากมีวัสดุบางตัวเป็นวัสดุเหลือใช้จากกระบวนการผลิตอื่น ๆ จึงไม่ได้คิดค่าใช้จ่ายไว้ได้แก่

- 6.1 แท่งสแตนเลส เป็นวัสดุเหลือใช้จากกระบวนการผลิตของโรงงาน
- 6.2 ท่อ PVC ใช้ทำกระปุกเก็บน้ำ
- 6.3 ฝักอชสำหรับชูบน้ำของเทอร์โมมิเตอร์กระเปาะเปียก

บทที่ 4

ผลการทดสอบเครื่องวัดความร้อน

ในการทดสอบเครื่องวัดความร้อนที่สร้างขึ้น ผู้ศึกษาได้ทำการผลิตเครื่องมือตรวจวัดความร้อนเวด บัลบ์ โกลบ เพื่อจัดเตรียมทำการทดสอบดังกล่าว ว่าสามารถใช้งานได้จริง โดยในการทดสอบครั้งนี้ทางผู้ศึกษาได้รับความอนุเคราะห์จาก บริษัท พัฒน์กล จำกัด (มหาชน) จังหวัดสมุทรปราการ ในส่วนของสถานที่และใช้อุปกรณ์ต่างๆที่จำเป็นในการทดสอบโดยได้ทำการทดสอบในวันที่ 10 พฤศจิกายน 2551 ซึ่งมีรายละเอียดในการดำเนินงาน ดังนี้

การทดสอบเครื่องมือจะแบ่งเป็นสองส่วนดังนี้คือ

1. การสอบเทียบเครื่องวัดความร้อนในห้องปฏิบัติการ
2. การเปรียบเทียบกับเครื่องวัดความร้อน เวด บัลบ์ โกลบ ที่สร้างขึ้นกับเครื่องวัด

ความร้อน HS – 3600

1. การสอบเทียบเครื่องวัดความร้อนในห้องปฏิบัติการ

การสอบเทียบเครื่องวัดความร้อนนี้ได้มีการดำเนินการที่ห้องปฏิบัติการของ บริษัท ไอ- แคล จำกัด ทำการสอบเทียบให้และรับรองผลการสอบเทียบ ประมาณ 7 วัน ผลการสอบเทียบแสดงดังตารางที่ 4.1

ห้องปฏิบัติการได้กำหนดช่วง (Range) ที่ทำการสอบเทียบในห้องทดสอบอยู่ระหว่าง 25-35 องศาเซลเซียส โดยภายในห้องปฏิบัติการควบคุมอุณหภูมิที่ 25 องศาเซลเซียส มีค่าความชื้นสัมพัทธ์ที่ $50\% \pm 10$ ความน่าเชื่อถือของอุปกรณ์และผู้ปฏิบัติการในการสอบเทียบอยู่ที่ 95 %

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบวัดอุณหภูมิ ในห้องปฏิบัติการ

ค่าอุณหภูมิอ้างอิง	ความร้อนในห้องปฏิบัติการที่ทดสอบ		
	ค่าที่อ่านได้	ค่าที่ใช้ในการปรับแก้	ค่าเผื่อสำหรับผิดพลาด
		GT (Channel)	
25.0	25.1	-0.1	0.058
35.0	35.0	0.0	0.058
		WB Channel	
25.0	25.1	-0.1	0.058
35.0	35.1	-0.1	0.058
		DB Channel	
25.0	24.8	+0.2	0.058
35.0	34.8	+0.2	0.058

สรุปผลการสอบเทียบเครื่องมือวัดความร้อน

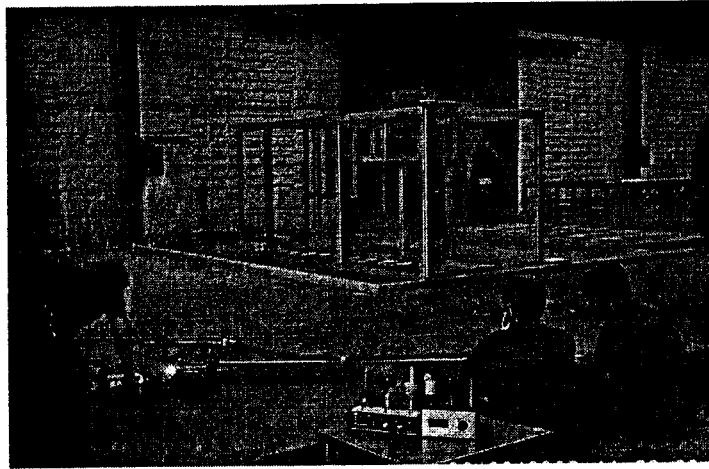
ในการทดสอบที่ 25-35 องศาเซลเซียส อุณหภูมิที่วัดได้มีค่าผิดพลาดอยู่ที่ $\pm 0.1-0.2$ องศาเซลเซียส โดยทางห้องปฏิบัติการได้ทำการปรับแก้ (Correction) ที่ $\pm 0.1-0.2$ องศาเซลเซียส เครื่องวัดอุณหภูมิที่สร้างขึ้นมีค่าความผิดพลาดอยู่ที่ 0.058 องศาเซลเซียส โดยเกณฑ์ที่ยอมรับได้ของเครื่องวัดอุณหภูมียอมให้ผิดพลาดได้ที่ 50 % ของ 1 องศาเซลเซียส โดยเครื่องวัดอุณหภูมิที่สร้างขึ้นมีค่าความผิดพลาดอยู่ที่ 0.058 องศาเซลเซียส ดังนั้นเครื่องที่สร้างขึ้นจึงสามารถยอมรับการใช้งานได้

2. การเปรียบเทียบกับเครื่องวัดความร้อน เวต บัลบ์ โกลบ ที่สร้างขึ้นกับเครื่องวัดความร้อน HS – 3600

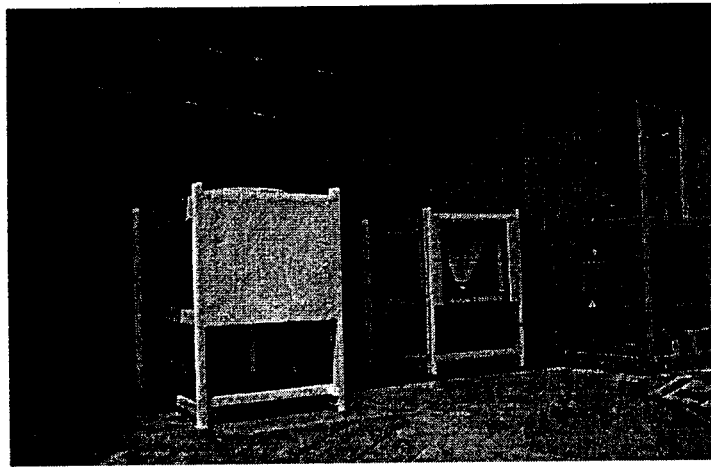
การทดสอบเครื่องวัดในบริเวณโรงงานนี้ได้ทำการทดสอบตรวจวัดจริงตาม กฎหมายกระทรวงแรงงาน พ.ศ. 2549 โดยกำหนดจุดวัดตามแนวทางปฏิบัติของกฎหมาย โดยมีเจ้าหน้าที่ร่วมสังเกตการณ์ในการตรวจวัด การตรวจวัดครั้งนี้ได้กำหนดจุดทั้งหมด 12 จุด ตามกฎกระทรวงแรงงาน และตามที่โรงงานจะทำการตรวจสอบได้

ตารางที่ 4.2 ตารางการตรวจวัดอุณหภูมิที่ทดสอบ

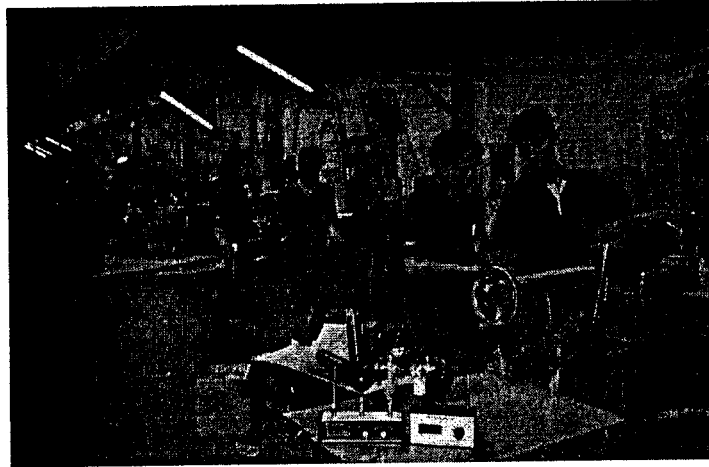
จุดที่	พื้นที่การตรวจวัด	ลักษณะงาน	มาตรฐาน
1.	แผนกเตรียมวัสดุ	ภาระงานเบา (Light work load)	34
2.	แผนกเตรียมวัสดุ	ภาระงานปานกลาง (Moderate work load)	32
3.	แผนกเตรียมวัสดุ	ภาระงานเบา (Light work load)	34
4.	แผนกทดสอบเครื่องจักร	ภาระงานปานกลาง (Moderate work load)	32
5.	แผนกทดสอบเครื่องจักร	ภาระงานปานกลาง (Moderate work load)	32
6.	แผนกทดสอบเครื่องจักร	ภาระงานเบา (Light work load)	34
7.	แผนกผลิตชิ้นส่วน	ภาระงานเบา (Light work load)	34
8.	แผนกผลิตชิ้นส่วน	ภาระงานปานกลาง (Moderate work load)	32
9.	แผนกผลิตชิ้นส่วน	ภาระงานปานกลาง (Moderate work load)	32
10.	แผนกผลิตถังรับแรงดัน	ภาระงานเบา (Light work load)	34
11.	แผนกผลิตเครื่องจักรผลิต อาหาร	ภาระงานเบา (Light work load)	34
12.	แผนกผลิตเครื่องจักรผลิต อาหาร	ภาระงานเบา (Light work load)	34



ภาพที่ 4.1 ตำแหน่งการตรวจวัดที่แผนกเตรียมวัสดุ



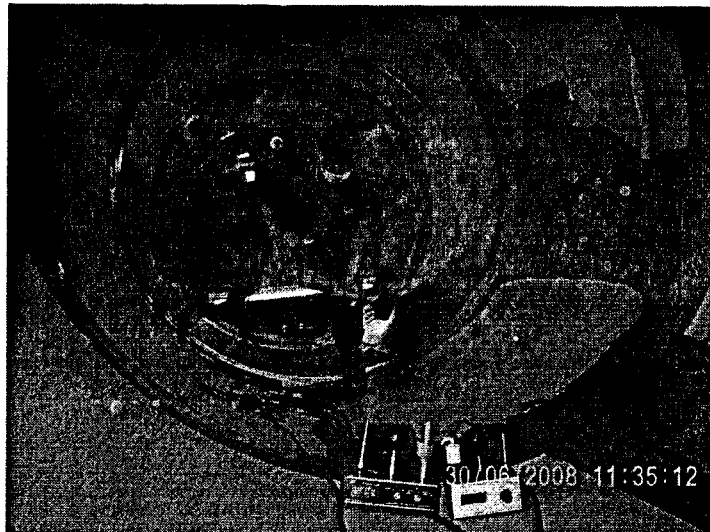
ภาพที่ 4.2 ตำแหน่งการตรวจวัดที่แผนกทดสอบเครื่องจักร



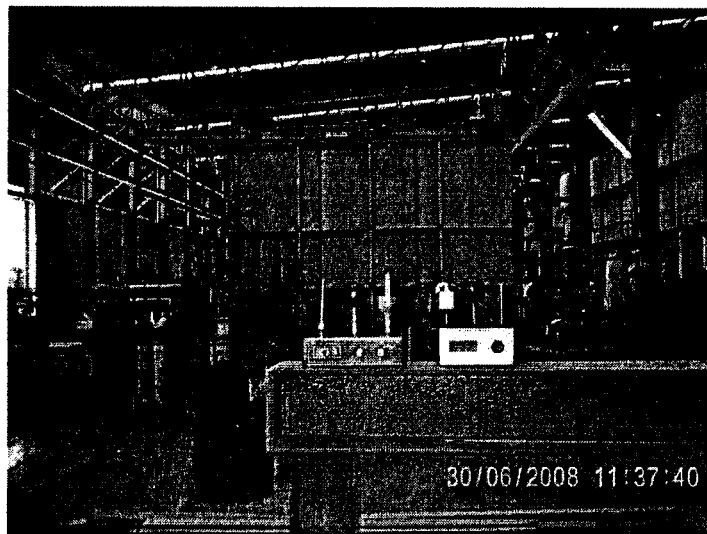
ภาพที่ 4.3 ตำแหน่งการตรวจวัดที่แผนกผลิตชิ้นส่วนบริเวณงานกลึง



ภาพที่ 4.4 ตำแหน่งการตรวจวัดที่แผนกผลิตชิ้นส่วนบริเวณเครื่องจักรผลิตอาหาร



ภาพที่ 4.5 ตำแหน่งการตรวจวัดที่แผนกผลิตถังรับแรงดัน



ภาพที่ 4.6 ตำแหน่งการตรวจวัดที่แผนกผลิตเครื่องจักรผลิตอาหาร

2.1. ผลการทดสอบการวัดค่าความร้อนในโรงงาน

ในการทดสอบวัดอุณหภูมิ จำนวน 12 จุด ปรากฏผล ดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบวัดอุณหภูมิ ในโรงงาน

จุดที่วัด	ค่ามาตรฐาน	การทดสอบวัดอุณหภูมิในโรงงาน							
		HS-3600				เครื่องที่สร้างขึ้น			
		T _w	T _A	T _G	WBGT	T _w	T _A	T _G	WBGT
1	34	30.0	30.8	31.5	30.94	30.2	31.1	31.8	30.68
2	32	29.7	30.4	31.5	30.24	29.9	30.3	31.6	30.41
3	34	32.6	33.1	34.2	33.8	32.9	33.2	34.1	33.26
4	32	29.0	29.8	31.0	29.6	28.8	29.4	31.2	29.52
5	32	28.1	30.7	32.1	29.3	28.2	30.5	32.0	29.27
6	34	27.2	30.8	31.4	28.46	27.5	30.9	31.6	28.73
7	34	34.5	34.9	35.5	34.8	34.5	34.8	35.8	35.1
8	32	27.8	28.1	29.7	28.37	27.9	28.9	29.9	28.5
9	32	28.9	30.4	32.2	29.89	28.8	30.9	31.8	29.7
10	34	32.0	32.5	34.5	32.75	32.5	32.9	34.7	33.16
11	34	28.1	34.5	35.5	30.32	28.5	34.7	35.8	30.69
12	34	27.7	33.9	34.4	29.71	27.4	33.2	34.8	29.62

จากผลการทดสอบผู้ศึกษาได้นำผลไปทำการวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้การทดสอบแบบ t เป็นการทดสอบโดยแบ่งเป็นกลุ่มต่าง ๆ ทั้งหมด 4 กลุ่มเพื่อให้แน่ใจว่าเครื่องที่สร้างขึ้นสามารถวัดค่าความร้อนได้ตามเครื่องต้นแบบได้อย่างถูกต้อง ดังตารางที่ 4.4 4.5 4.6 4.7 และ 4.8

ตารางที่ 4.4 ผลการทดสอบอูหมิกกลุ่ม T_A

กลุ่มสถิติ (Group Statistics)

การทดสอบ	จำนวน	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน	ค่าเฉลี่ยของส่วน เบี่ยงเบนมาตรฐานของ เศษเหลือ
อูหมิ HS-3600- T_A	12	31.6583	2.09044	0.60346
เครื่องที่สร้างขึ้น - T_A	12	31.7333	1.97039	0.56880

กลุ่มตัวอย่างที่เป็นอิสระซึ่งกันและกัน (Independent Samples Test)

รายการทดสอบ	อูหมิ	
	สมมุติว่าค่าความ แปรปรวนเท่ากัน	สมมุติว่าค่าความ แปรปรวนไม่เท่ากัน
การทดสอบแบบ Lavene (F)	0.043	
ค่าความเท่ากันของความแปรปรวน (Sig)	0.837	
การทดสอบแบบ t เมื่อทดสอบความเท่ากัน (t)	-0.90	-0.90
ค่าเฉลี่ย ค่าองศาอิสระ (df)	22	21.923
ค่าความแปรปรวน ความมีนัยสำคัญทางสถิติ (2-ทาง)	0.929	0.929
ความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ย	-0.750	-0.750
ความแตกต่างของค่าความแปรปรวนของเศษเหลือ	0.82927	0.8297
ค่าช่วงความเชื่อมั่นที่ 95%	-1.79481	-1.79516
	1.64481	1.64416

จากผลการทดสอบแบบ Lavene จะพบว่าค่าสถิติ F เท่ากับ 0.043 และมีค่ามีนัยสำคัญทางสถิติ ($P=0.837>0.05$) ดังนั้นจึงหมายถึงว่าค่าความแปรปรวนของค่า T_A ที่ได้จากเครื่องมือที่สร้างขึ้นและเครื่องมือที่นำมาเปรียบเทียมนั้นไม่มีความแตกต่าง ในขณะที่การทดสอบแบบ t ฝั่งซ้าย

ว่าค่าเฉลี่ยของค่า T_A ที่ได้จากเครื่องซึ่งสร้างขึ้นและเครื่องมือที่นำมาเปรียบเทียบนั้น ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P=0.929 > 0.05$)

ตารางที่ 4.5 ผลการทดสอบอุณหภูมิกลุ่ม Tw

กลุ่มสถิติ (Group Statistics)

การทดสอบ	จำนวน	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน	ค่าเฉลี่ยของส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐานของเศษเหลือ
อุณหภูมิ HS-3600-Tw	12	29.6333	2.27410	0.65648
เครื่องที่สร้างขึ้น -Tw	12	29.7583	2.33645	0.67448

กลุ่มตัวอย่างที่เป็นอิสระซึ่งกันและกัน (Independent Samples Test)

รายการทดสอบ	อุณหภูมิ	
	สมมุติว่าค่าความ แปรปรวนเท่ากัน	สมมุติว่าค่าความ แปรปรวนไม่เท่ากัน
การทดสอบแบบ Lavenne (F)	0.032	
ค่าความเท่ากันของความแปรปรวน (Sig)	0.859	
การทดสอบแบบ t เมื่อทดสอบความเท่ากัน (t)	-0.133	-0.133
ค่าเฉลี่ย ค่าองศาอิสระ (df)	22	21.984
ค่าความแปรปรวน ความมีนัยสำคัญทางสถิติ (2-ทาง)	0.896	0.896
ความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ย	-0.1250	-0.1250
ความแตกต่างของค่าความแปรปรวนของเศษเหลือ	0.94121	0.94121
ค่าช่วงความเชื่อมั่นที่ 95%	-2.07695	-2.07703
	1.82695	1.822703

จากผลการทดสอบแบบ Lavenne จะพบว่าค่าสถิติ F เท่ากับ 0.032 และมีค่ามีนัยสำคัญทางสถิติ ($P=0.859 > 0.05$) ดังนั้นจึงหมายถึงว่าค่าความแปรปรวนของค่า T_w ที่ได้จากเครื่องมือที่สร้างขึ้นและเครื่องมือที่นำมาเปรียบเทียบนั้น ไม่มีความแตกต่าง ในขณะที่การทดสอบแบบ t แบ่งชี้ว่า

ค่าเฉลี่ยของค่า T_w ที่ได้จากเครื่องซึ่งสร้างขึ้นและเครื่องมือที่นำมาเปรียบเทียบนั้น ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P=0.896 > 0.05$)

ตารางที่ 4.6 ผลการทดสอบอุณหภูมิกลุ่ม T_G

กลุ่มสถิติ (Group Statistics)

การทดสอบ	จำนวน	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน	ค่าเฉลี่ยของส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐานของเศษเหลือ
อุณหภูมิ HS-3600- T_G	12	32.7017	1.93130	0.55752
เครื่องที่สร้างขึ้น - T_G	12	32.9250	1.99095	0.57474

กลุ่มตัวอย่างที่เป็นอิสระซึ่งกันและกัน (Independent Samples)

รายการทดสอบ	อุณหภูมิ	
	สมมุติว่าค่าความแปรปรวนเท่ากัน	สมมุติว่าค่าความแปรปรวนไม่เท่ากัน
การทดสอบแบบ Lavene (F)	0.053	
ค่าความเท่ากันของความแปรปรวน (Sig)	0.821	
การทดสอบแบบ t เมื่อทดสอบความเท่ากัน (t)	-0.167	-0.167
ค่าเฉลี่ย ค่าองศาอิสระ (df)	22	21.980
ค่าความแปรปรวน ความมีนัยสำคัญทางสถิติ (2-ทาง)	0.869	0.869
ความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ย	-0.1333	-0.1333
ความแตกต่างของค่าความแปรปรวนของเศษเหลือ	0.80072	0.80072
ค่าช่วงความเชื่อมั่นที่ 95%	-1.79392	-1.79401
	1.52725	1.52734

จากผลการทดสอบแบบ Lavene จะพบว่าค่าสถิติ F เท่ากับ 0.053 และมีค่านัยสำคัญทางสถิติ ($P=0.821 > 0.05$) ดังนั้นจึงหมายถึงว่าค่าความแปรปรวนของค่า T_G ที่ได้จากเครื่องมือที่

สร้างขึ้นและเครื่องมือที่นำมาเปรียบเทียมนั้นไม่มีความแตกต่าง ในขณะที่การทดสอบแบบ t ปร่งชี้ว่า ค่าเฉลี่ยของค่า T_G ที่ได้จากเครื่องซึ่งสร้างขึ้นและเครื่องมือที่นำมาเปรียบเทียมนั้นไม่มีความแตกต่าง อย่างมีนัยสำคัญ ($P=0.869 > 0.05$)

ตารางที่ 4.7 ผลการทดสอบอุณหภูมิกลุ่ม WBGT

กลุ่มสถิติ (Group Statistics)

การทดสอบ	จำนวน	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน	ค่าเฉลี่ยของส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐานของเศษเหลือ
อุณหภูมิ HS-3600- WBGT	12	30.6817	2.05127	0.5215
เครื่องที่สร้างขึ้น WBGT	12	30.7200	2.05315	0.5926

กลุ่มตัวอย่างที่เป็นอิสระซึ่งกันและกัน (Independent Samples Test)

รายการทดสอบ	อุณหภูมิ	
	สมมติว่าค่าความ แปรปรวนเท่ากัน	สมมติว่าค่าความ แปรปรวนเท่ากัน
การทดสอบแบบ Lvene (F)	0.005	
ค่าความเท่ากันของความแปรปรวน (Sig)	0.947	
การทดสอบแบบ t เมื่อทดสอบความเท่ากัน (t)	-0.046	-0.046
ค่าเฉลี่ย ค่าองศาอิสระ (df)	22	22
ค่าความแปรปรวน ความมีนัยสำคัญทางสถิติ (2-ทาง)	0.964	0.964
ความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ย	-0.0383	-0.0383
ความแตกต่างของค่าความแปรปรวนของเศษเหลือ	0.83781	0.83781
ค่าช่วงความเชื่อมั่นที่ 95%	-1.77585	-1.77585
	1.69918	1.69918

จากผลการทดสอบแบบ Lavene จะพบว่าค่าสถิติ F เท่ากับ 0.053 และมีค่านัยสำคัญทางสถิติ ($P=0.821>0.05$) ดังนั้นจึงหมายความว่าค่าความแปรปรวนของค่า WBGT ที่ได้จากเครื่องมือที่สร้างขึ้นและเครื่องมือที่นำมาเปรียบเทียมนั้นไม่มีความแตกต่าง ในขณะที่การทดสอบแบบ t บ่งชี้ว่าค่าเฉลี่ยของค่า WBGT ที่ได้จากเครื่องซึ่งสร้างขึ้นและเครื่องมือที่นำมาเปรียบเทียมนั้นไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P=0.869 > 0.05$)

ตารางที่ 4.8 สรุปผลการทดสอบทางสถิติ

การทดสอบ	HS-3600		เครื่องที่สร้างขึ้น		t	Sig.
	\bar{x}	S.D	\bar{x}	S.D		
T_A	31.66	2.09	31.73	1.97	-0.90	0.93
T_w	29.63	2.27	29.76	2.34	-0.13	0.90
T_G	32.70	1.93	32.92	1.99	-0.17	0.87
WBGT	30.68	2.05	30.72	2.05	-0.05	0.96

หมายเหตุ \bar{X} หมายถึง ค่าเฉลี่ยเลขคณิต

S.D หมายถึง ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

t การทดสอบแบบ t เมื่อทดสอบความเท่ากัน

Sig. ค่าความแปรปรวน ความมีนัยสำคัญทางสถิติ(2-ทาง)

จากตารางที่ 4.8 สามารถสรุปได้ว่าประสิทธิภาพของเครื่อง HS-3600 กับเครื่องที่สร้างขึ้นไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ค่าความเชื่อมั่น 95 %

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

1. สรุปผลการดำเนินงาน

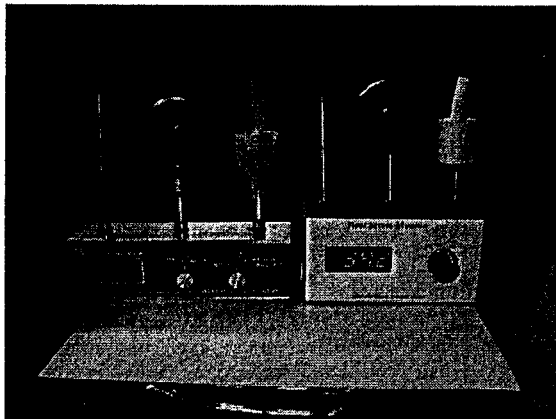
ผู้ทำการศึกษาได้จัดทำเครื่องวัดความร้อน WBGT โดยใช้หลักการจากเครื่องที่นำเข้ามาจากต่างประเทศซึ่งมีราคาแพง โดยเครื่องที่ผู้ศึกษาสร้างขึ้นสามารถทำการตรวจวัดค่าอุณหภูมิ กระเปาะเปียก กระเปาะแห้ง และ โกลบ

อุปกรณ์ที่ใช้ทำแกนวัดอุณหภูมิเป็นท่อสแตนเลสสำหรับใส่ ไอซี LM 335 ซึ่งเป็นอุปกรณ์ตรวจจับอุณหภูมิทั้งกระเปาะเปียก กระเปาะแห้ง โกลบ

กระเปาะเก็บน้ำทำจาก PVC มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 28 มิลลิเมตร สูงประมาณ 30 มิลลิเมตร ชุดหัววัดอุณหภูมิทั้งหมดจะต้องถูกห่อหุ้มโดยพลาสติกสีขาว ทำจากผ้าวัสดุที่ซึมซับน้ำได้ดี ส่วนปลายสุดของปลอกผ้าจะต้องจุ่มอยู่ภายในกระเปาะน้ำกลั่น โดยมีส่วนปลอกผ้าที่สัมผัสอากาศระหว่าง 20 - 30 มิลลิเมตร

โกลบทำจากแผ่นทองแดงหนาประมาณ 2 มิลลิเมตร มาป้อนขึ้นรูปทั้งสองด้านโดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 50.8 มิลลิเมตร โดยมีขนาดเท่ากับเครื่องต้นแบบ และนำมาทำสีดำด้าน

รูปแบบของเครื่องวัดความร้อนที่สร้างขึ้นนี้ มีขนาดเหมาะสมกับการใช้งาน ผู้สร้างใช้ Battery ขนาด 9 V ซึ่ง สามารถหามาใช้งานได้สะดวก



ภาพที่ 5.1 เครื่องวัดความร้อนที่สร้างขึ้น

ผลที่ได้จากการนำอุปกรณ์ไปทำการสอบเทียบจากห้องปฏิบัติการสามารถยอมรับได้ตามมาตรฐาน ITS-90 ทางผู้สร้างได้นำเครื่องมือที่สร้างขึ้นและผ่านการสอบเทียบแล้วไปทำการตรวจวัดในสถานที่ทำงานจริงเทียบกับเครื่องต้นแบบ พบว่า อุปกรณ์เครื่องวัดความร้อนที่สร้างขึ้นสามารถนำไปใช้กับการตรวจวัดความร้อนได้และเมื่อนำไปทดสอบทางสถิติแล้วผลปรากฏว่า เครื่องที่สร้างขึ้นกับเครื่องต้นแบบไม่มีความแตกต่างกัน

2. ข้อเสนอแนะ

จากการทดลองและทดสอบเครื่องวัดความร้อนนี้ มีข้อเสนอแนะเพื่อที่ให้การสร้างเครื่องวัดความร้อนให้สมบูรณ์มีประสิทธิภาพสูง ดังนี้คือ

1. เครื่องวัดความร้อนควรมีการออกแบบให้มีน้ำหนักเบากว่านี้เพื่อความสะดวกในการใช้งาน
2. เนื่องจากเครื่องต้นแบบนี้ยังไม่สามารถคำนวณ WBGT ได้ ควรพัฒนาให้สามารถคำนวณค่า WBGT ได้ทั้งที่อยู่ในอาคารและนอกอาคาร

ในการพัฒนาอุปกรณ์ต้นแบบเครื่องวัดความร้อนในระยะต่อไปหากมีผู้สนใจอาจนำชิ้นงานนี้ส่งให้ห้องปฏิบัติการที่ให้บริการตรวจวัดสุขศาสตร์โรงงานได้นำไปทดสอบใช้งานจริงในพื้นที่ทำงานของโรงงานต่างๆ เพื่อนำข้อเสนอแนะที่ได้จากการทำงานจริงมาปรับปรุงอุปกรณ์ต้นแบบ และสามารถผลิตเพื่อจำหน่ายในเชิงพาณิชย์ ต่อไป

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

- คณะกรรมการบริหารชุดวิชาสถิติและระเบียบวิธีวิจัยในงานสาธารณสุข (2550) สถิติและระเบียบวิธี วิจัยในงานสาธารณสุข นนทบุรี มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
- โครงการพัฒนาบริการอนามัยอุตสาหกรรม (ม.ป.ป) กฎหมายที่เกี่ยวข้องกับงานอาชีพอนามัยและความปลอดภัย กรุงเทพมหานคร
- จักรกฤษณ์ ศิวะเคชาเทพและคณะ (2550) สุขศาสตร์อุตสาหกรรมพื้นฐาน กรุงเทพมหานคร อรุณการพิมพ์
- ชมภูศักดิ์ พูลเกษ (ม.ป.ป) “กฎหมายความปลอดภัยและสุขภาพอนามัยของผู้ประกอบอาชีพ” โครงการสุขศาสตร์อุตสาหกรรมและความปลอดภัย ภาคอาชีพอนามัย มหาวิทยาลัยมหิดล
- ดำรง จินตศิริกุล (2545) เครื่องมือวัดในงานอุตสาหกรรม กรุงเทพมหานคร เพียร์สันเอดดูเคชั่น ดินโคไซน์
- “ประกาศกรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน พ.ศ.5250” (2550, 11 พฤษภาคม) ราชกิจจานุเบกษา
- “ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม พ.ศ.2546” (2546, 6 พฤษภาคม) ราชกิจจานุเบกษา
- ปีติ พูลไชยศรีและคณะ (2550) การฝึกปฏิบัติงานอาชีพอนามัย ความปลอดภัย และเออร์گونอมิกส์ นนทบุรี มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
- มนตรี พิรุณเกษตร (2543) เทอร์โมไดนามิกส์ กรุงเทพมหานคร ม.ป.พ
- ศิวฤทธิ์ พงศกรรังศิลป์ (2547) สถิติธุรกิจ กรุงเทพมหานคร เพียร์สันเอดดูเคชั่น ดินโคไซน์
- สายชล สินสมบูรณ์ทอง (2547) สถิติวิศวกรรม กรุงเทพมหานคร จามจรีโปรดักส์
- สุดาว เลิศวิสุทธิไพบูรณ์และคณะ (2551) การตรวจวัดและประเมินสภาพความร้อนและความเย็น นนทบุรี มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
- สุรพล วัฒนวงศ์ และคณะ (ม.ป.ป.) การสอบเทียบเครื่องมือวัด กรุงเทพมหานคร สถาบันไทย-ญี่ปุ่น
- <http://www.cdc.gov/niosh/topics/heatstress/#nio>
- http://www.dpc5.ddc.moph.go.th/download/envocc_training_IHheat.pdf
- http://www.oshthai.org/legisra_detail.aspx?cid=1322
- <http://www.safetychay.multiply.com/journal/item/25/25>
- <http://www.safetynava.com/New%20Folder/8.pdf>
- <http://www.scilution.com/product.detail.php?id=306894>

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

คู่มือเครื่องวัดความร้อน รุ่น HS-3600

WARRANTY CLAUSE

METROSONICS, INC. warrants each new instrument manufactured and sold to be free from defects in material, workmanship and construction, except for batteries which may be contained therein, and that when used in accordance with this owner's manual will perform to applicable specifications for a period of one year after original delivery.

If examination by METROSONICS, INC. discloses that the product has been defective, then our obligation is limited to repair or replacement, at our option, of the defective unit or its components.

METROSONICS, INC. is not responsible for products which have been subject to misuse, alteration, accident or for repairs not performed by METROSONICS, INC.

Instruments must be returned properly packed with transportation charges prepaid to METROSONICS, INC.; return transportation charges will be F.O.B. factory. No parts shall be returned unless a return authorization number is received, which will be furnished by request.

The foregoing warranty constitutes METROSONICS, INC. sole liability, and is in lieu of any other warranty, of merchantability or fitness. METROSONICS, INC. shall not be responsible for any incidental or consequential damages arising from any breach of warranty.

Manual #2044-003 REV B

TABLE OF CONTENTS

	Page
CHAPTER 1: INTRODUCTION	1
CHAPTER 2: GETTING STARTED	2
Connecting the Sensors	4
Battery	7
CHAPTER 3: OPERATION	8
ON/OFF	8
Selecting Temperature Scale	10
CHAPTER 4: SERVICE INFORMATION	11
CHAPTER 5: SPECIFICATIONS AND ACCESSORIES	12
APPENDIX	
I WORK AREAS	14
II ATHLETIC ACTIVITIES	21

Chapter 1 INTRODUCTION

The Metrosonics hs-3600 Heat Stress Monitor is a portable instrument for measuring the high humidity, temperature and radiant heat conditions that can cause heat stroke and other heat induced illnesses.

This simple to operate instrument contains all three temperature sensors needed to instantly compute the WBGT indoor and outdoor indices. The three individual temperatures and both indices can be displayed in either °C or °F on the easy-to-read LCD.

Extremely rugged, the hs-3600 is packaged in a lightweight aluminum extrusion, which is gasketed to withstand rough handling and harsh environments.

An output option is available which allows data to be recorded by connecting the hs-3600 to a datalogger (such as Metrosonics dl-3200). Call Metrosonics Sales Department at (716) 334-7300 for more information on this option.

-1-

Chapter 2 GETTING STARTED

The hs-3600 is composed of 4 assemblies:

- Signal processing assembly
- Dry bulb sensor
- Wet bulb sensor
- Globe sensor

The instruments' circuitry is housed in an aluminum extrusion. Each sensor assembly has a plug-in connector allowing disassembly for storage.

An internal switch is used to select the desired temperature scale (Centigrade or Fahrenheit) (see "Selecting Temperature Scale" later in this chapter).

One front panel switch is used to turn the hs-3600 on and off, and to select the desired temperature to display.

-2-

The available temperature selections are:

- Naturally aspirated wet bulb temperature (WB)
- Globe temperature (GT)
- Dry bulb temperature (DB)
- Indoor wet bulb globe temperature (WBGT in = $.7WB + .3GT$)
- Outdoor wet bulb globe temperature (WBGT out = $.7WB + .2GT + .1DB$)

-3-

CONNECTING THE SENSORS

To connect the sensors to the hs-3600:

1. Look at the symbols located on the top of the unit to determine the appropriate connector for each sensor. With the instrument display facing you, the dry bulb is located on the left, the globe in the center, and the wet bulb is on the right.
2. Align the black locking tab on the sensor base with the locating groove on the connector, and then plug-in the sensor.
3. To remove a sensor assembly, depress the locking tab located at the connector's base, and pull the sensor straight up.

Wet Bulb Sensor Preparation

The wet bulb sensor requires some preparation each time the instrument is used. You will need to place a clean cotton wick over the sensor tube and a sponge in the reservoir area. For proper operation, the sponge and wick **MUST** be kept damp with distilled or demineralized water. Ordinary tap water can be demineralized using the demineralization resins that came with the unit.

-4-

To prepare the wet bulb sensor:

1. Slide the wick over the sensor, as far as it will go.
2. Slide the sponge over the covered sensor so that it is in the reservoir area.
3. Pour distilled or demineralized water over the sponge until it is saturated (dampening the sponge will facilitate water passage over the wick).

To remove the wick and sponge:

1. Pull the wick straight upwards off the sensor.
2. Once the sponge is out of the reservoir area, pull on the sponge to slide the wick and sponge off the sensor.

Demineralizing Tap Water

To demineralize tap water:

1. Cover the bottom of the water supply bottle that came with the hs-3600 with the demineralization resins.
2. Fill the bottle with tap water.
3. Cover and shake for about 30 seconds.

-5-

NOTE: The resins may be used for several refills of tap water. Replace resins when blue resins become light brown.

IMPORTANT!

Individual sensors are serialized for a given unit. The serial numbers are located on the base of each sensor and on the back of the unit. Interchanging sensors between units may induce errors of up to 1.0°C (1.8°F). If a sensor is broken, the entire unit should be returned to Metrosonics, Inc. for a replacement as recalibration is necessary.

-6-

BATTERY

The hs-3600 is powered by a 9 volt alkaline battery, with a nominal lifetime of 250 hours. When the battery becomes low, an arrow (←) will appear on the hs-3600 display.

Battery Replacement

The procedure for replacing the battery is very simple and can easily be performed within seconds.

To change the battery:

1. Turn the hs-3600 off.
2. With the instrument display facing you, unscrew the left side endcap screw and then remove the endcap.
3. Tilt the unit slightly so that the battery slides out of the battery holder.
4. Slide the fresh battery, terminal first, into the battery compartment, with the + and - terminals matching the diagram on the inside of the unit.
5. Replace the endcap and tighten the screw. If the endcap is NOT seated correctly or the screw is NOT tightened correctly, the hs-3600 will NOT be watertight.

-7-

Chapter 3 OPERATION

The instructions in this chapter assume you have reviewed Chapter 2 in this manual. If you have NOT reviewed Chapter 2, you should do so at this time.

These instructions also assume that you have followed the instructions in Chapter 2 (i.e. you have installed a battery and connected the sensor assemblies).

ON/OFF

One switch controls the basic functions of the hs-3600. To turn the unit on and begin displaying temperature readings, simply rotate the switch located on the front panel, from the "OFF" position to the desired temperature function:

- WB: Wet bulb temperature
- GT: Globe temperature
- DB: Dry bulb temperature
- WBGT_{in}: Indoor wet bulb globe temperature
- WBGT_{out}: Outdoor wet bulb globe temperature

-8-

To turn the hs-3600 off, simply rotate the switch back to the off selection.

The hs-3600 does NOT require any warm-up time; it is fully operational and accurate when turned on. However, if the monitor is moved to a new area, allow the sensors time to stabilize their temperature before taking readings. Typical response times, for wide temperature changes, are as follows:

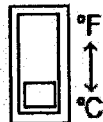
- Wet Bulb: <5 min
- Globe: <15 min
- Dry Bulb: <5 min
- WBGTin: <15 min
- WBGTout: <15 min

-9-

SELECTING TEMPERATURE SCALE

Centigrade or Fahrenheit temperature scales are indicated on the display. A switch, located inside the instrument allows selecting which temperature scale will be displayed. To change between the two scales:

1. Turn the hs-3600 off.
2. With the instrument display facing you, unscrew the left side endcap screw and then remove the endcap. A yellow slide switch will be exposed (located to the right of the battery compartment).
3. Push the switch down for °C or up for °F as indicated in the following drawing.



4. Replace the endcap and tighten the screw.

Chapter 4 SERVICE INFORMATION

In the event the hs-3600 needs repair or service, call the Metrosonics Service Department at (716) 334-7300.

The Service Department will try to determine the cause of the apparent malfunction and provide the necessary support to correct the problem.

In some cases, problems (or misunderstandings) can be corrected over the phone, therefore, before returning the hs-3600 to the factory for service, discuss all problems with the Service Department.

-11-

Chapter 5 SPECIFICATIONS AND ACCESSORIES

SPECIFICATIONS

Operating Range: 0 to +70°C (+32 to +158°F)

Measurement Accuracy: ±0.5°C (±0.9°F)

Measurement Resolution: 0.1°C (0.1°F)

Display: 3½ digit LCD, 0.4 inch (10mm) height, "←" low battery indicator

Update Rate: 1/second

Battery: 9 volt alkaline, NEDA type 1604A; nominal battery life is 400 hours.

Tripod Mount: ¼-20 UNC thread

Case: Aluminum extrusion, 7.5 x 2 x 2 inches (19 x 5 x 5 cm)

Environmental: Watertight, short term immersion in accordance with IEC Standard 529-1978. 0 to 90% non condensing humidity; -40 to +70°C storage temperature

ETL Classified for use in hazardous locations: Division I, Class I, Groups A, B, C & D, Class II, Groups E, F & G, Class III.

Total Weight (including sensors): 1.2 lbs. (0.5 kg)

Specifications subject to change without notice.

-12-

ACCESSORIES

ba-004 Replacement Batteries: Four each standard 9 volt alkaline batteries. MN-1604A type battery recommended for normal operation and longer battery life.

dm-371 Demineralization Resins: Ten each 20 gram packages of resins used to demineralize tap water for Wet Bulb use

mf-371 Mounting Fixture: Rugged wall mounting fixture for hs-3600

mt-371 Tripod: Sturdy, collapsible tripod to hold hs-3600 Heat Stress Monitor during field measurements.

sc-360 Storage Case: Carrying case for hs-3600 and operating supplies

sk-371 Supply Kit: Includes one water supply bottle, ten replacement wicks and four replacement sponges.

ca-300 Analog Output Cable (for Analog Output Option ONLY)

-13-

Appendix I WORK AREAS

The WBG_{Tin} and WBG_{Tout} values may be correlated to a suggested length of "Stay-Time" for an individual performing various tasks, under various Physiological Heat Exposure Limits (PHEL). Charts have been published, and are based upon extensive testing of large samples of people working in various environments. These charts are statistical averages, and should be used ONLY as a guide; any particular individual may not fit a particular curve.

PHEL Charts:

To use the PHEL charts:

1. Obtain the WBG_T value from the hs-3600, in the environment the work is to be performed in.
2. Using Figure 2, draw a horizontal line from the WBG_T axis through the curves.
3. Determine the degree or work effort to be performed, from Figure 1. Note which curve numbers (I thru VI) are recommended.
4. Decide which curve to follow, based upon the work/rest cycle desired from Figure 1.

-14-

5. Draw a vertical line from the intersection of the desired curve and the horizontal line, to the axis labeled "HRS" This value is the total length of time that a person could perform the task, with the work/rest cycle chosen.

As an example, assume that an individual is to perform a task defined as "Average Moderate Work". Table 1 recommends 3 different work/rest cycles:

- 10 min work/50 min rest (Curve I)
- 20 min work/40 min rest (Curve III)
- 30 min work/30 min rest (Curve VI)

If the WBGT value, as read on the hs-3600 is 95°F, a horizontal line drawn from 95°F through the curves of Figure 2 reveal the following:

Curve	Work Level Cycle	Stay Time
I	10 min work/50 min rest	4.1 hrs
III	20 min work/40 min rest	3 hrs
VI	30 min work/30 min rest	1.25 hrs

If the individual chooses the 20 minute work/40 minute rest cycle, he should remain in the given environment no longer than 3 hours, total.

-15-

PHEL CURVES FOR INTERMITTENT WORK-REST

Physical Activity*	Work O ₂ Consump. (L/min)	No. Minutes Work/No. Minutes Rest				
		10/50	20/40	30/30	40/20	50/10
Standing	0.50	--	--	--	--	I
Average Light Work	0.75	--	I	II	III	IV
Upper Light to Lower Moderate Work	1.00	--	II	IV	VI	--
Average Moderate Work	1.25	I	III	VI	--	--
Upper Moderate to Lower Heavy Work	1.50	II	V	--	--	--
Average Heavy Work	1.75	II	VI	--	--	--
Upper Heavy to Lower Very Heavy Work	2.00	III	--	--	--	--
Average Very Heavy Work	2.25	IV	--	--	--	--
Upper Very Heavy Work	2.50	IV	--	--	--	--

*As indicated in Table 5 of ASHRAE Handbook of Fundamentals.

Figure 1

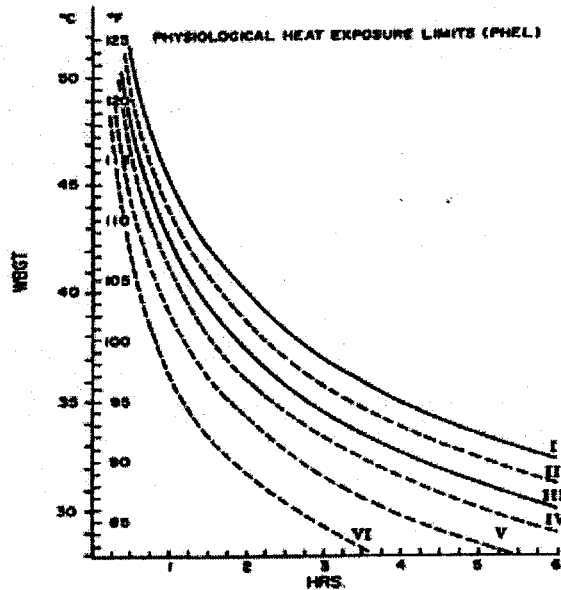


Figure 2

*Obtained from a paper written by: Commander, Medical Service Corps., U.S. Navy, Heat Stress Division - A.R. Dasler, Ph.D., at the Naval Medical Research Institute, Bethesda, Maryland, entitled: Heat Stress, Work Function and Physiological Heat Exposure Limits in Man.

-17-

ACGIH Charts:

These Threshold Limit Values (TLVs) refer to heat stress conditions under which it is believed that nearly all workers may be repeatedly exposed without adverse health effects. The TLVs shown in Figure 3 are based on the assumption that nearly all acclimatized, fully clothed workers with adequate water and salt intake should be able to function effectively under the given working conditions without exceeding a deep body temperature of 38°C.

PERMISSIBLE HEAT EXPOSURE THRESHOLD LIMIT VALUES (Values are given in °C WBGT)

Work-Rest Regimen	Work Load		
	Light	Moderate	Heavy
Continuous Work	30.0	26.7	25.0
75% Work - 25% Rest, each hour	30.6	28.0	25.9
50% Work - 50% Rest, each hour	31.4	29.4	27.9
25% Work - 75% Rest, each hour	32.2	31.1	30.0

Figure 3

-18-

PERMISSIBLE HEAT EXPOSURE
THRESHOLD LIMIT VALUES

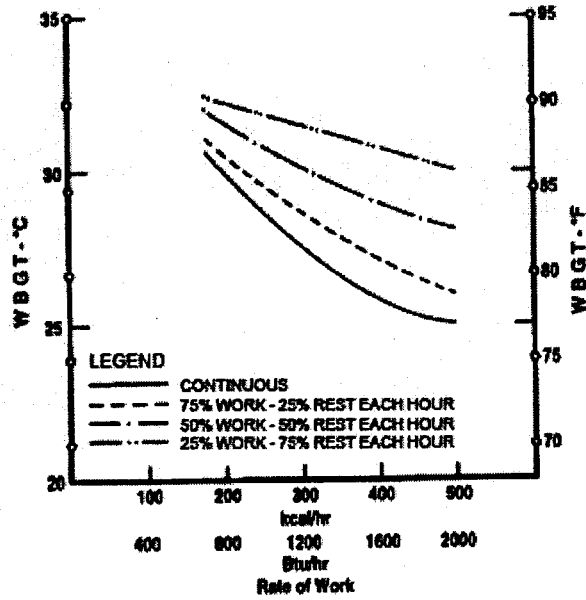


Figure 4

-19-

Work-Rest Regimen:

The permissible exposure limits specified in Figure 3 and Figure 4 are based on the assumption that the WBGT value of the resting place is the same or very close to that of the workplace. Where the WBGT of the work area is different from that of the rest area a time-weighted average value should be used for both environmental and metabolic heat. When time-weighted average values are used, the appropriate curve on Figure 4 is the solid line labeled "continuous".

-20-

Appendix II ATHLETIC ACTIVITIES

In July 1984, the American College of Sports Medicine (ACSM) published a position statement on "Prevention of Heat Injuries During Distance Running."

To be competitive, the long distance runner must be in excellent physical condition, exceeding the physical fitness of most industrial workers. For long distance races such as the marathon, the fastest competitors run at 12 to 15 miles per hour, which must be classified as extremely hard work. When the thermal environment reaches even moderate levels, over-heating can be a problem.

To reduce the risk of heat-induced injuries and illnesses, the ACSM has prepared a list of recommendations which would serve as advisory guidelines to be followed during distance running when the environmental heat load exceeds specific values. These recommendations include (1) races of 10 km or longer should not be conducted when the WBGT exceeds 28°C (82.4°F); (2) all summer events should be

-21-

scheduled for early morning before 8 a.m. or after 6 p.m.; (3) race sponsors must provide fluids; (4) runners should be encouraged to drink 300-360 mL of fluids 10 to 15 minutes before the race; (5) fluid ingestion at frequent intervals during the race should be permitted with water stations at 2-3 km intervals for races 10 km or longer, and runners should be encouraged to drink 100-200 mL at each water station; (6) runners should be instructed on recognition of early signs and symptoms of developing heat illness; and (7) provision should be made for care of heat-illness cases.

In these recommendations the WBGT is the heat stress index of choice. The red flag high risk WBGT index value of +23 to +28°C (+73.4 to +82.4°F) would indicate all runners must be aware that heat injury is possible, and any person particularly sensitive to heat or humidity should probably not run. An amber flag is moderate risk with a WBGT of +18 to +23°C (+64.4 to +73.4°F). It is assumed that the air temperature and humidity and solar radiation are likely to increase during the day.

* American College of Sports Medicine, Prevention of heat injuries during distance running - ACSM position statement. Med. Sci. Sports Exer. 1984; 16:IX-XIV.

-22-

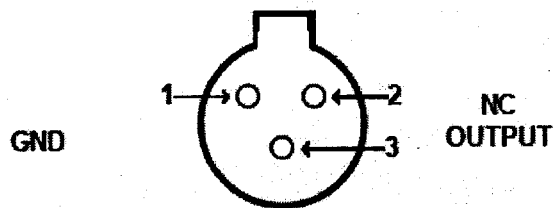
Appendix III
ao-3600
ANALOG OUTPUT OPTION

Analog Output to datalogger (dl-3200) or recorder.

SPECIFICATIONS:

Output Level: 10 mv/degree of displayed reading

Accuracy: ± 0.7 degrees



OUTPUT CONNECTOR

ภาคผนวก ข

**บัญชีท้ายประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ประเภทหรือชนิดของโรงงาน
ที่ต้องการทำการตรวจวัดความร้อน**

บัญชีท้ายประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม
เรื่อง มาตรการคุ้มครองความปลอดภัยในการประกอบกิจการ โรงงานเกี่ยวกับสถานะแวดล้อมในการทำงาน
พ.ศ. 2546

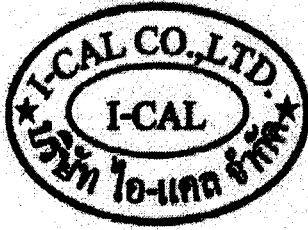
บัญชีที่ 1 ประเภทหรือชนิดของโรงงานที่ต้องทำการตรวจวัดความร้อน

ลำดับที่	ตามประเภทหรือชนิดของโรงงานในบัญชีท้ายกฎกระทรวง (พ.ศ. 2535) ออกตามความในพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2535
11(3)(4)	โรงงานผลิตน้ำตาลทรายดิบ น้ำตาลทรายขาว หรือการทำให้บริสุทธิ์
22(3)	โรงงานสิ่งทอที่ทำการฟอก ย้อมสี หรือแต่งสำเร็จด้วยหรือสิ่งทอ
38(1)(2)	โรงงานผลิตเชื้อกระดาษจากไม้หรือวัสดุอื่น การทำกระดาษ กระดาษแข็ง หรือกระดาษที่ใช้ในการก่อสร้างชนิดที่ทำจากเส้นใย หรือแผ่นกระดาษไฟเบอร์
51	โรงงานผลิต ซ่อม หล่อ หรือหล่อคอกภายนอก หรือยางในสำหรับยานพาหนะที่เคลื่อนที่ด้วยเครื่องกล คน หรือสัตว์
54	โรงงานผลิตแก้ว เส้นใยแก้วหรือผลิตภัณฑ์แก้ว
57(1)	โรงงานทำซีเมนต์ ปูนขาว หรือปูนปลาสเตอร์
59	โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับการถลุง หลอม หล่อ รีด คึง ผลิตเหล็ก หรือเหล็กกล้าในขั้นต้น
60	โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับการถลุง ผสมทำให้บริสุทธิ์ หลอม หล่อ รีด คึง หรือผลิตโลหะขั้นต้น ซึ่งมีไขเหล็กหรือเหล็กกล้า
61	โรงงานผลิต คบแต่ง คัดแปลง หรือซ่อมแซมเครื่องมือ หรือเครื่องใช้ที่ทำด้วยเหล็กหรือเหล็กกล้า และรวมถึงส่วนประกอบหรืออุปกรณ์ของเครื่องมือหรือเครื่องใช้ดังกล่าว
62	โรงงานผลิต คบแต่ง คัดแปลง หรือซ่อมแซมเครื่องเรือน หรือเครื่องคบแต่งภายในอาคารที่ทำจากโลหะหรือ โลหะเป็นส่วนใหญ่ และรวมถึงส่วนประกอบหรืออุปกรณ์ของเครื่องเรือน หรือเครื่องตกแต่งดังกล่าว
63	โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์โลหะสำหรับการก่อสร้าง
64	โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์โลหะ
65	โรงงานผลิต ประกอบ คัดแปลง หรือซ่อมแซมเครื่องยนต์ เครื่องกังหัน และรวมถึงส่วนประกอบหรืออุปกรณ์ของเครื่องยนต์ หรือเครื่องกังหันดังกล่าว

บัญชีที่ 1 ประเภทหรือชนิดของโรงงานที่ต้องทำการตรวจวัดความร้อน

ลำดับที่	ตามประเภทหรือชนิดของ โรงงาน ในบัญชีท้ายกฎกระทรวง (พ.ศ. 2535) ออกตามความในพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2535
66	โรงงานผลิต ประกอบ คัดแปลง หรือซ่อมแซมเครื่องจักร สำหรับใช้ในการกลึงกรรมหรือการเลียงสัตว์ และรวมถึงส่วนประกอบหรืออุปกรณ์ของเครื่องจักรดังกล่าว
67	โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับเครื่องจักร ส่วนประกอบ หรืออุปกรณ์ของเครื่องจักร สำหรับประดิษฐ์โลหะ หรือ ไม้
68	โรงงานผลิต ประกอบ คัดแปลง หรือซ่อมแซมเครื่องจักร สำหรับอุตสาหกรรมกระดาษ เคมี อาหาร การปั้นทอ การพิมพ์ การผลิตซีเมนต์หรือผลิตภัณฑ์ดินเหนียว การก่อสร้าง การทำเหมืองแร่ การเจาะหาปิโตรเลียม หรือการกลั่นน้ำมัน และรวมถึงส่วนประกอบของเครื่องจักรดังกล่าว
74(1)	โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับการทำหลอดไฟฟ้า หรือดวงโคมไฟฟ้า
77	โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับรถยนต์ หรือรถพ่วง
78	โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับจักรยานยนต์ จักรยานสามล้อ หรือจักรยานสองล้อ
79	โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับอากาศยาน หรือเรือไฮเวอร์คราฟท์
80	โรงงานผลิต ประกอบ คัดแปลง หรือซ่อมแซมล้อเลื่อน ที่ขับเคลื่อนด้วยแรงคน หรือสัตว์ ซึ่งมีใช้จักรยาน และรวมถึงส่วนประกอบหรืออุปกรณ์ของผลิตภัณฑ์ดังกล่าว
88	โรงงานผลิต ส่ง หรือจำหน่ายพลังงานไฟฟ้า
98	โรงงานจักรรีด ชักแห้ง ชักฟอก รีด อัด หรือข้อมค้ำ เครื่องนึ่งห่ม พรม หรือขนสัตว์
100(6)	โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับการตกแต่งหรือเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ หรือส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์ โดยไม่มีการผลิต ด้วยวิธีการอบชุบด้วยความร้อน
102	โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับการผลิต และหรือจำหน่ายไอน้ำ
<p>หมายเหตุ : โรงงานลำดับที่ 61-68 และ 77-80 เฉพาะ โรงงานที่มีการหล่อหลอมโลหะเท่านั้น</p> <p>โรงงานลำดับที่ 98 เฉพาะ โรงงานที่มีการฟอก ข้อมสีเท่านั้น</p>	

ภาคผนวก ก
ใบรับรองการสอบเทียบ



บริษัท ไอ-แคล จำกัด I-CAL Co., Ltd.

369/53 Moo.7 Puttaraksa RD. Prekasa, Muang, Samutprakarn 10280

Tel : 02-7013319, 085-9174554, 083-5876594 Fax : 02-7013319

CERTIFICATE OF CALIBRATION

Certificate No. : 511107IT01
Work Order No. : 998/11/2008
Calibration Date : 07/11/2008
Issue Date : 08/11/2008
Customer Code : P-080
Customer Name : THODSAPHON
Customer Address : 1024 Suttisan Rd. Dindaeng Bangkok 10400

Equipment : HEAT STRESS MONITOR **Range** : 25 - 35°C
Manufacturer : THODSAPHON **Resolution** : 0.1°C
Made in : THAILAND **Tolerance** : N/A
Serial No. : STOU - TH01
Model : N/A
Identification No. : THODSAPHON - 01
Environment : Temp : (°C) 25 ± 2 Humid : (%RH) 50 ± 10

Calibrated By : Mr. Chongpron



K. Rachit

Mr. Rachit

(Technical Authorized)

This certificate may not be reproduced other than in full except with the prior written approval of
I-CAL Co., Ltd.

Certification : 511107IT01

Customer : THODSAPHON

Equipment : HEAT STRESS MONITOR Manufacturer : THODSAPHON Made In : THAILAND

Model : N/A Serial No : STOU - TH01 Identification No: THODSAPHON-01

Range : 25-35 °C Resolution : 0.1 °C Calibration Date: 07/11/2008

Method of Calibration : Calibration result as shown below is performed by comparison with standard

Temperature calibrator and temperature chamber as not adjustment

TEMPERATURE (°C)	UUC Reading (°C)				Correction
	1	2	3	Average	
TABLE : WB Channel					
25.0	25.1	25.2	25.1	25.1	-0.1
35.0	35.1	35.2	35.1	35.1	-0.1
TABLE : DB Channel					
25.0	24.9	24.8	24.9	24.8	0.2
35.0	34.9	34.9	34.8	34.8	0.2
TABLE : GT Channel					
25.0	25.1	25.2	25.1	25.1	-0.1
35.0	35.0	35.1	35.0	35.0	0.0

Uncertainty of Measurement is : $\pm 0.058^{\circ}\text{C}$

The reported uncertainty measurement was based on standard uncertainty multiplied by a coverage factor K=2 providing a level of confidence of approximately 95%

Reference Standard

Standard	Model	Certificate No.	Cal Date
Temp. Calibrator	TH205	89TE08	18/1/2008
Temperature chamber	HE -258	08112HE	12/1/2008

Traceability

This calibration certificate is traceable to national standard, with realize the units of the measurement according to the International System of Unit (SI) through Technology Instrument Co.,Ltd. Calibration Laboratory, Thailand

ประวัติผู้ศึกษา

ชื่อ	นายทศพล ปานามา
วัน เดือน ปี	28 กุมภาพันธ์ 2520
สถานที่เกิด	ชลบุรี
ประวัติการศึกษา	ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล จาก สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตเทเวศร์ ปีการศึกษา 2543
สถานที่ทำงาน	บริษัท พัฒน์กลเมนูเฟคเจอร์ริง จำกัด
ตำแหน่ง	วิศวกรควบคุมคุณภาพ