แนวปฏิบัติตามกฎกระทรวง

กำหนดมาตรฐานในการบริหารและการจัดการด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัย และ สภาพแวดล้อมในการทำงานเกี่ยวกับความร้อน แสงสว่าง และเสียง พ.ศ. 2549

- การตรวจวัดสภาพความร้อน

(Hot Environment Measurement)

1. นิยาม

ความร้อน เป็นพลังงานที่เกิดจากการเคลื่อนไหวหรือสั่นสะเทือนของโมเลกุลของวัตถุ หน่วยวัดระดับความร้อน คือ องศา เช่น องศาเซลเซียส และองศาฟาเรนไฮท์ และหน่วยวัดปริมาณความร้อน คือ แคลอรี่ และ บีทียู หนึ่งแคลอรี่ คือ ปริมาณความร้อนที่ทำให้น้ำ 1 กรัม มีอุณหภูมิสูงขึ้น 1 องศาเซลเซียส และหนึ่งบีทียู คือ ปริมาณความร้อนที่ทำให้น้ำ 1 ปอนด์ มีอุณหภูมิสูงขึ้น 1 องศาฟาเรนไฮท์

ระดับความร้อน หมายความว่า อุณหภูมิเวตบัลบ์โกลบในบริเวณที่ลูกจ้างทำงาน ตรวจวัดโดยค่าเฉลี่ยในช่วงเวลาสองชั่วโมงที่มีอุณหภูมิเวตบัลบ์โกลบสูงสุดของการทำงานปกติ (ตามกฎกระทรวงฯ เกี่ยวกับความร้อน แสงสว่าง และเสียง พ.ศ. 2549)

อุณหภูมิเวตบัลบ์โกลบ (Wet Bulb Globe Temperature : WBGT) เป็นดัชนีวัดสภาพความร้อนในสิ่งแวดล้อมการทำงาน (มีหน่วยวัดเป็นองศาเซลเซียส หรือ องศาฟาเรนไฮท์) ซึ่งได้นำปัจจัยที่มีผลกระทบต่อความร้อนที่สะสมในร่างกายมาพิจารณา ได้แก่ ความร้อนที่เกิดขึ้นภายในร่างกายขณะทำงาน และความร้อนจากสิ่งแวดล้อมการทำงาน ซึ่งความร้อนจากสิ่งแวดล้อมการทำงานถูกถ่ายเทมายังร่างกายได้ 3 วิธี คือ การนำ การพา และการแผ่รังสีความร้อน

ปริมาณงาน หรือ ภาระงาน (Work Load) เป็นพลังงานความร้อนที่เกิดจากการเผาผลาญอาหารเพื่อให้ร่างกายใช้ปฏิบัติงานต่างๆ ผู้ที่ทำงานหนักย่อมมีความร้อนเกิดขึ้นในร่างกายสูงกว่าผู้ที่ทำงานเบา และค่ามาตรฐานระดับความร้อนได้นำปัจจัยนี้มาพิจารณา โดยจำแนกตามความหนักเบาของงานกับระดับความร้อนที่ได้รับ

ความหนักเบาของงาน หมายความว่า การใช้พลังงานของร่างกายหรือใช้กำลังงานที่ทำให้เกิดการเผาผลาญอาหารในร่างกายเพื่อใช้ปฏิบัติงาน การจำแนกความหนัก-เบาของลักษณะการทำงานออกเป็น 3 ระดับ (ตามกฎกระทรวงฯ เกี่ยวกับความร้อน แสงสว่าง และเสียง พ.ศ.2549) โดยคำนวณการใช้พลังงาน ดังนี้

* **งานเบา** หมายความว่า ลักษณะงานที่ใช้แรงน้อยหรือใช้กำลังงานที่ทำให้เกิดการเผาผลาญอาหารในร่างกายไม่เกิน 200 กิโลแคลอรีต่อชั่วโมง

* **งานปานกลาง** หมายความว่า ลักษณะงานที่ใช้แรงปานกลางหรือใช้กำลังงานที่ทำให้เกิดการเผาผลาญอาหารในร่างกายเกิน 200 กิโลแคลอรีต่อชั่วโมง ถึง 350 กิโลแคลอรีต่อชั่วโมง

* **งานหนัก** หมายความว่า ลักษณะงานที่ใช้แรงมากหรือใช้กำลังงานที่ทำให้เกิดการเผาผลาญอาหารในร่างกายเกิน 350 กิโลแคลอรีต่อชั่วโมง

มนุษย์และสิ่งมีชีวิตต่างๆ สามารถดำรงชีพได้เมื่อความร้อนภายในร่างกายคงที่ในระดับที่เหมาะสมเท่านั้น อุณหภูมิภายในร่างกายมนุษย์อาจเปลี่ยนแปลงได้ในช่วงแคบๆ โดยไม่มีผลกระทบต่อการทำงานของร่างกาย นั่นคือ ประมาณ 37 $\pm$ 1 $^{\circ}$C ดังนั้น ร่างกายจึงพยายามควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ตลอดเวลาด้วยกลไกต่างๆ เช่น การหลั่งเหงื่อ รู้สึกกระหายน้ำ และมีเลือดไหลเวียนมาที่ผิวเพื่อคายความร้อนมากขึ้น เป็นต้น

โดยทั่วไปแหล่งความร้อนที่มีอิทธิพลต่อความร้อนในร่างกายมนุษย์มี 2 แหล่ง คือ ความร้อนที่เกิดขึ้นภายในร่างกายจากการเผาผลาญอาหารเพื่อสร้างพลังงาน และความร้อนจากสิ่งแวดล้อมภายนอก ซึ่งความร้อนจากทั้งสองแหล่งนี้สามารถถ่ายเทระหว่างกันได้ จากแหล่งที่มีระดับความร้อนสูงกว่าไปยังแหล่งที่มีความร้อนต่ำกว่า โดยการนำ การพา และการแผ่รังสีความร้อน ทั้งนี้ เพื่อรักษาระดับความร้อนภายในร่างกายให้คงที่ที่ 37 $\pm$ 1 $^{\circ}$C ซึ่งความพยายามในการรักษาระดับความร้อนของร่างกายนี้อธิบายได้ด้วยสมการสมดุลความร้อน คือ

$$\mathbf{H = M \pm R \pm C - E \pm D}$$

เมื่อ H = ความร้อนสะสมของร่างกาย (Body Heat Storage)

M = ความร้อนจากการเผาผลาญอาหารเพื่อสร้างพลังงาน (Metabolic Heat)

R = ความร้อนที่ถ่ายเทด้วยการแผ่รังสี (Radiation)

C = ความร้อนที่ถ่ายเทด้วยการพา (Convection)

E = ความร้อนที่สูญเสียไปจากการระเหยของเหงื่อ (Evaporation)

D = ความร้อนที่ถ่ายเทด้วยการนำ (Conduction)

2. กลไกการเกิดความร้อนภายในร่างกาย

อุณหภูมิตามส่วนต่างๆ ของร่างกาย มีค่าแตกต่างกันไปตามปริมาณเลือดที่ไหลไปยังบริเวณร่างกายนั้น ตามอัตราเมตาโบลิซึมของอวัยวะ และความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิบริเวณนั้นกับบริเวณใกล้เคียง

อุณหภูมิของร่างกาย สามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

1. อุณหภูมิแกน (Core Temperature) หมายถึง อุณหภูมิของอวัยวะที่อยู่ภายในร่างกาย เช่น สมอง หัวใจ ปอด ตับ ไต และระบบทางเดินหายใจ เป็นต้น

2. อุณหภูมิที่ผิว (Surface Temperature) หมายถึง อุณหภูมิที่กล้ามเนื้อและผิวหนัง ซึ่งเป็นบริเวณที่มีการแลกเปลี่ยนความร้อนกับสิ่งแวดล้อมภายนอก เพื่อรักษาสมดุลอุณหภูมิของร่างกายให้คงที่

แหล่งสร้างความร้อนในร่างกาย

ความร้อนที่ทำให้ร่างกายอบอุ่น ได้มาจาก 2 ทาง คือ

1. เมตาโบลิซึม (Basal Metabolic) ในภาวะปกติความร้อนส่วนใหญ่เกิดได้จากการเผาผลาญอาหารภายในร่างกาย

2. การทำงานของกล้ามเนื้อ (Shivering) ซึ่งจะเปลี่ยนพลังงานเคมีที่เกิดขึ้นจากการหดตัวของกล้ามเนื้อไปเป็นความร้อน

3. การสูญเสียความร้อนออกจากร่างกาย

การขจัดความร้อนออกจากร่างกาย 97% จะถูกขจัดออกทางผิวหนัง (ภาพ 1[1]) โดยวิธีการ ดังนี้

ภาพ 1

1. การแผ่รังสีความร้อน (Radiation) เป็นการสูญเสียความร้อนออกจากร่างกายในรูปของคลื่นรังสีอินฟราเรด ที่แผ่ออกไปทุกทิศทุกทาง โดยไม่ต้องอาศัยตัวกลาง ร่างกายจะระบายหรือสูญเสียความร้อนด้วยวิธีนี้ 60 % ของปริมาณความร้อนที่ถูกขจัดออกไปทั้งหมด หากกางแขน กางนิ้วมือจะเพิ่มความสามารถในการแผ่รังสีความร้อนขึ้น 10 %

2. การพาความร้อน (Convection) ร่างกายจะสูญเสียความร้อนโดยวิธีนี้ประมาณ 12% โดยอาศัยการเคลื่อนย้ายถ่ายเทของอากาศที่อยู่ล้อมรอบเป็นตัวช่วยพาความร้อนออกจากร่างกาย

3. การนำความร้อน (Conduction) เป็นการถ่ายเทความร้อนจากผิวหนังของร่างกายเมื่อสัมผัสกับเบาะนั่ง เก้าอี้ เตียงนอน พื้นห้อง แล้วถ่ายเทความร้อนจากร่างกายสู่วัตถุเหล่านี้ ร่างกายจะสูญเสียด้วยวิธีนี้ประมาณ 3 %

4. การระเหย (Evaporation) เป็นการสูญเสียความร้อนโดยกลไกของร่างกายทำให้น้ำที่ผิวหนัง เยื่อบุผิวในปาก ภายในช่องปาก และทางเดินหายใจส่วนต้น (หลอดลม) ระเหยกลายเป็นไอตลอดเวลาโดยไม่รู้ตัว จะสูญเสียความร้อนด้วยวิธีนี้ ประมาณ 22 %

นอกจากร่างกายจะระบายความร้อนส่วนใหญ่ออกทางผิวหนังแล้ว ความร้อนบางส่วนจะถูกขจัดออกทางระบบหายใจซึ่งเกิดขึ้นประมาณ 2% และอีก 1% จะถูกขจัดออกมากับปัสสาวะและอุจจาระ

4. อันตรายและผลกระทบต่อสุขภาพ

การควบคุมอุณหภูมิของร่างกาย โดยการขับเหงื่อออกจากร่างกาย เพื่อต้องการลดอุณหภูมิลงอย่างรวดเร็วเมื่อได้รับความร้อนมากเกินไป เมื่ออากาศร้อนอัตราการขับเหงื่อจะเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า (1.5 – 4.0 ลิตรต่อชั่วโมง) คนที่อาศัยในเขตร้อนจะมีต่อมเหงื่อใต้ผิวหนังเป็นจำนวนมาก การขับเหงื่อออกจากร่างกาย

[1] ภาพจากหนังสือ สรีรวิทยา หน้า 282 คณาจารย์ภาควิชาสรีรวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

นอกจากจะเป็นการระบายความร้อนแล้ว ในขณะเดียวกันร่างกายก็จะสูญเสียน้ำ สารยูเรีย กรดแลคติค และแร่ธาตุที่สำคัญบางชนิดออกไปด้วย เช่น โซเดียม โปแตสเซียม และคลอไรด์ เป็นต้น

ความผิดปกติที่เกิดจากการมีอุณหภูมิสูง เมื่ออุณหภูมิของร่างกายสูงกว่า 41°C จะด้วยสาเหตุใดก็ตาม เซลล์ประสาทบางส่วนในระบบประสาทส่วนกลางจะถูกทำลายอย่างถาวร และถ้ายังได้รับความร้อนเพิ่มขึ้นอีกศูนย์ควบคุมอุณหภูมิที่อยู่ในสมองจะเสียไป ไม่สามารถระบายความร้อนออก จะทำให้เกิดความรู้สึกมึนงงและอาจเกิดอาการชักอย่างรุนแรงได้ (Severe Convulsion) ซึ่งอาจช่วยลดอุณหภูมิโดยการเช็ดตัวด้วยน้ำผสมแอลกอฮอล์ เพื่อช่วยระบายความร้อนออกจากร่างกาย ถ้าอุณหภูมิสูงถึง 45 °C ซึ่งเป็นขีดสูงสุดที่คนจะทนอยู่ได้ ถ้าไม่ได้ช่วยลดความร้อนอย่างมีประสิทธิภาพ เซลล์ทั่วไปจะถูกทำลายและอาจถึงแก่ชีวิตได้

ในภาวะที่ร่างกายต้องสัมผัสกับความร้อนเป็นระยะเวลานาน อาจพบอาการต่างๆ ได้แก่

การมีไข้ (Fever หรือ Pyrexia) เป็นสภาวะที่ร่างกายมีอุณหภูมิสูงกว่า 37.5 °C อาจเกิดขึ้นจากการที่อยู่ในอุณหภูมิสูงเป็นเวลานาน มีความผิดปกติภายในเนื้อสมอง เช่น การมีเนื้องอก การผ่าตัดสมอง หรือร่างกายขาดน้ำ หรือ เกิดจากสารพิษไปรบกวนการทำงานของศูนย์ควบคุมอุณหภูมิในสมอง แต่โดยทั่วไปมักเกิดอาการนี้จากการติดเชื้อต่างๆ นอกจากนี้ ไข้อาจเกิดจากการได้รับยาหรือสารเคมีบางอย่าง เป็นต้น

ลมแดด (Heat Stroke) และ**การเป็นลม** (Heat Syncope) เกิดขึ้นในภาวะที่ร่างกายต้องเผชิญกับอากาศร้อนเป็นเวลานาน ความสามารถในการควบคุมอุณหภูมิร่างกายของศูนย์ควบคุมอุณหภูมิที่อยู่ในสมองจะลดลง และหากมีอุณหภูมิในความชื้นสัมพัทธ์สูง จะทำให้อุณหภูมิร่างกายสูงขึ้นเรื่อยๆ จนถึง 41 – 42 °C ถ้าไม่ได้ช่วยลดอุณหภูมิลง บุคคลนั้นจะมีอาการของลมแดด **ลมแดด** คือ มีอาการมึนงง คลื่นไส้ บางครั้งเพ้อ อาจมีอาการไม่รู้สึกตัว และโคม่าในเวลาต่อมา หากยังไม่ได้ช่วยลดอุณหภูมิของร่างกายอย่างทันท่วงที อาจทำให้เสียชีวิตได้ ซึ่งเกิดจากภาวะช็อค (Shock) เพราะเสียน้ำและเกลือแร่ที่สำคัญทางเหงื่อร่วมด้วย

การเป็นลม (Fainting หรือ Heat Syncope) เกิดจากสมองขาดเลือดไปเลี้ยง มีสาเหตุมาจากการที่หลอดเลือดส่วนปลายขยายตัวมากหลายแห่ง มักพบร่วมกับการมีความดันต่ำในท่ายืน คนที่มีความไวต่อยานอนหลับ และยากล่อมประสาท เพราะขณะใช้ยา หลอดเลือดจะขยายตัวมากกว่าปกติ ความดันโลหิตจะต่ำ อัตราการเต้นหัวใจจะช้าลง คนกลุ่มนี้จึงมีโอกาสเกิด Heat Syncope ได้ง่าย

การอ่อนเพลียเนื่องจากความร้อน (Heat Exhaustion) เกิดขึ้นจากระบบหมุนเวียนของเลือดไปเลี้ยงสมองได้ไม่เต็มที่

การขาดน้ำ (Dehydration) การสูญเสียเหงื่อ เป็นการสูญเสียน้ำและเกลือแร่ออกจากร่างกายไปมาก รู้สึกกระหายน้ำ ผิวหนังแห้ง รู้สึกไม่สบาย นอกจากนี้ ยังพบอาการอื่นๆ เช่น อาการผดผื่นขึ้นตามผิวหนัง เป็นต้น

ตะคริวเนื่องจากความร้อน (Heat Cramp) เกิดจากร่างกายสูญเสียเกลือแร่ไปกับเหงื่อ ทำให้ขาดเกลือแร่ที่จะไปควบคุมการทำงานของกล้ามเนื้อ ทำให้เกิดการหดเกร็งของกล้ามเนื้อไม่สมดุลกัน

5. เครื่องมือและอุปกรณ์ในการตรวจวัดสภาพความร้อน

เครื่องมือและอุปกรณ์ในการตรวจวัดสภาพความร้อน ประกอบด้วยเทอร์โมมิเตอร์ 3 ชนิด คือ เทอร์โมมิเตอร์กระเปาะแห้ง เทอร์โมมิเตอร์กระเปาะเปียก (ธรรมชาติ) เทอร์โมมิเตอร์ชนิดโกลบ ซึ่งมีคุณลักษณะดังอธิบายต่อไปนี้

คุณลักษณะของเครื่องมือและอุปกรณ์ (ชุดอุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจวัดดัชนี WBGT)

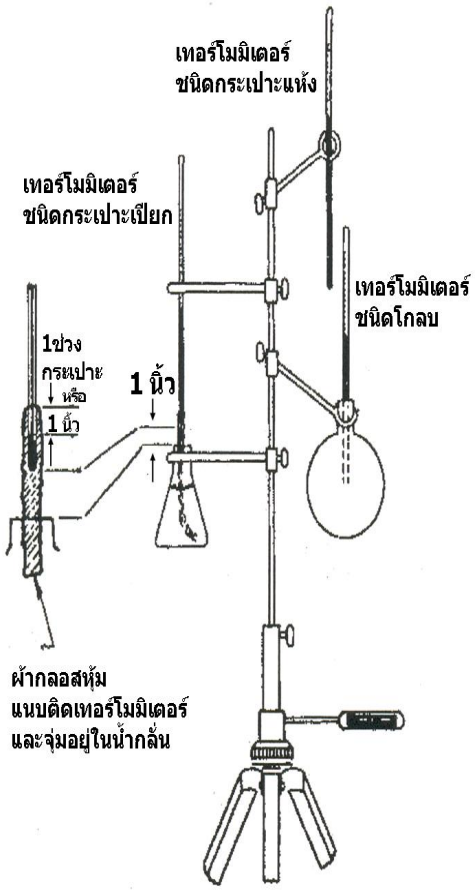
1. เทอร์โมมิเตอร์ชนิดกระเปาะแห้ง (Dry Bulb Thermometer ; DB) เป็นชนิดปรอทหรือแอลกอฮอล์ที่มีความละเอียดของสเกล 0.5 °C มีการกำบังป้องกันเทอร์โมมิเตอร์จากแสงอาทิตย์และการแผ่รังสีความร้อน

2. เทอร์โมมิเตอร์ชนิดกระเปาะเปียกตามธรรมชาติ (Natural Wet Bulb Thermometer ; NWB) ประกอบด้วย ผ้าฝ้ายสะอาด (ชั้นเดียว)หุ้มที่กระเปาะเทอร์โมมิเตอร์สูงถึงจุดเหนือกระเปาะ ประมาณหนึ่งช่วงกระเปาะหรือ ประมาณ 1 – 1 ¼ นิ้ว และต่อหุ้มยาวลงไปให้ปลายอีกด้านหนึ่งจุ่มลงในภาชนะบรรจุน้ำกลั่น โดยส่วนกระเปาะจะอยู่เหนือขอบภาชนะบรรจุน้ำ ประมาณ 1 นิ้ว ผ้าฝ้ายที่หุ้มกระเปาะต้องแนบติดเทอร์โมมิเตอร์และเปียกตลอดเวลา

3. เทอร์โมมิเตอร์ชนิดโกลบ (Globe Thermometer ; GT) ประกอบด้วย โกลบ ซึ่งทำจากโลหะทองแดงบาง ทรงกลม ภายในกลวง มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 นิ้วผิวด้านนอกทาด้วยสีดำด้าน และมีเทอร์โมมิเตอร์เสียบเข้าไปในกระเปาะทรงกลมนี้โดยให้อยู่กึ่งกลางของกระเปาะ มีช่วงการตรวจวัดตั้งแต่ -5 ถึง 100°C

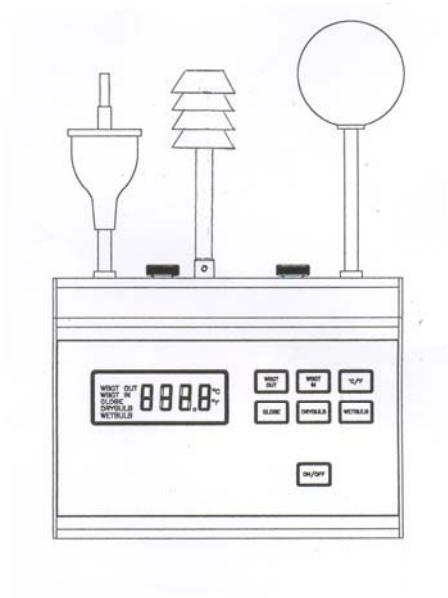
เทอร์โมมิเตอร์ทั้งสามนี้ต้องมีความแม่นยำ ± 0.5 °C

การปรับเทียบความถูกต้องของเครื่องมือ การปรับเทียบเทอร์โมมิเตอร์ที่ใช้ในการตรวจวัด ว่ามีคุณลักษณะข้างต้นหรือไม่ โดยทำการปรับเทียบอุปกรณ์จากหน่วยงานที่ได้รับการรับรองอย่างน้อยปีละ 1 ครั้ง หรือตามคู่มือที่ผู้ผลิตกำหนดไว้



ในปัจจุบัน เพื่อความสะดวกในการตรวจวัด บริษัทผู้ผลิตอุปกรณ์ตรวจวัดสภาพความร้อน ได้คิดค้นเครื่องมืออิเล็กทรอนิกส์ที่สามารถอ่านค่า WBGT ได้ทันที โดยไม่ต้องคำนวณค่า WBGT โดยการใช้สูตรคำนวณ

คุณลักษณะของเครื่องมือและอุปกรณ์(เครื่องมือวัดระดับความร้อนWBGT ชนิดที่สามารถอ่านค่าได้ทันที)

สำหรับเครื่องมือวัดระดับความร้อน WBGT ชนิดที่สามารถอ่านค่าและคำนวณค่า WBGT ได้โดยตรง ต้องมีคุณลักษณะของเครื่องสอดคล้องกับมาตรฐาน ISO 7243 (ดูรายละเอียดหัวข้อ 12 เอกสารแนบท้าย) หรือเทียบเท่า เช่น DIN EN 27243 หรือดีกว่า การปรับเทียบความถูกต้องของเครื่องมือวัดระดับความร้อน WBGT ชนิดที่สามารถอ่านค่าและคำนวณค่า WBGT ได้โดยตรง ก่อนใช้งานทุกครั้ง ต้องปรับเทียบความถูกต้องด้วยอุปกรณ์ปรับเทียบของเครื่องซึ่งผู้ผลิตจัดไว้ให้พร้อมอุปกรณ์ เช่น Calibration Verification Module และทำการปรับเทียบทั้งเครื่องมือวัดระดับความร้อน WBGT และ Calibration Verification Moduleหรืออุปกรณ์สำหรับการปรับเทียบที่ผู้ผลิตกำหนดไว้ จากหน่วยงานที่ได้รับการรับรองอย่างน้อย ปีละ 1 ครั้ง หรือตามคู่มือที่ผู้ผลิตกำหนดไว้	

6. การตรวจวัดสภาพความร้อน

ตามประกาศกรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน เรื่อง หลักเกณฑ์ วิธีดำเนินการตรวจวัดและวิเคราะห์สภาวะการทำงานเกี่ยวกับระดับความร้อน แสงสว่าง หรือเสียงภายในสถานประกอบกิจการ ระยะเวลา และประเภทกิจการที่ต้องดำเนินการ ได้กำหนดให้

ข้อ 3 นายจ้างจัดให้มีการตรวจวัดและวิเคราะห์สภาวะการทำงานเกี่ยวกับความร้อน แสงสว่าง หรือเสียงภายในสถานประกอบกิจการในสภาวะที่เป็นจริงของสภาพการทำงาน อย่างน้อยปีละ 1 ครั้ง กรณีที่มีการปรับปรุงหรือเปลี่ยนแปลงเครื่องจักร อุปกรณ์ กระบวนการผลิต วิธีการทำงาน หรือการดำเนินการใดๆ ที่อาจมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงระดับความร้อน แสงสว่าง หรือการดำเนินการใดๆ ที่อาจมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงระดับความร้อน แสงสว่าง หรือเสียง ให้นายจ้างดำเนินการจัดให้มีการตรวจวัดและวิเคราะห์สภาวะการทำงานฯ เพิ่มเติมภายใน 90 วันนับจากวันที่มีการปรับปรุงหรือเปลี่ยนแปลง

ข้อ 4 ให้ตรวจวัดระดับความร้อนบริเวณที่มีลูกจ้างปฏิบัติงานอยู่ในสภาพการทำงานปกติและต้องตรวจวัดในช่วงเดือนที่มีอากาศร้อนที่สุดของการทำงานในปีนั้น

ข้อ 5 ประเภทกิจการที่ต้องดำเนินการตรวจวัด ได้แก่ การผลิตน้ำตาลและทำให้บริสุทธิ์ การปั่นทอที่มีการฟอกหรือย้อมสี การผลิตเยื่อกระดาษหรือกระดาษ การผลิตยางรถยนต์หรือหล่อดอกยาง การผลิตกระจก เครื่องแก้วหรือหลอดไฟ การผลิตซีเมนต์หรือปูนขาว การถลุง หล่อหลอมหรือรีดโลหะ กิจการที่มีแหล่งกำเนิดความร้อนหรือมีการทำงานที่อาจทำให้ลูกจ้างได้รับอันตรายเนื่องจากความร้อน

การตรวจวัดระดับความร้อน มีขั้นตอนดังนี้

1.จัดเตรียมและตรวจสอบอุปกรณ์หรือเครื่องมือที่ใช้ในการตรวจวัดระดับความร้อนให้มีคุณลักษณะตามที่กำหนดไว้

2. ติดตั้งเทอร์โมมิเตอร์กระเปาะแห้งกับขาตั้ง ในขณะตรวจวัดต้องหาสิ่งปิดกั้นเทอร์โมมิเตอร์กระเปาะแห้งจากดวงอาทิตย์และแหล่งแผ่รังสีความร้อนอื่นๆ โดยที่สิ่งกำบังนั้นต้องไม่จำกัดการหมุนเวียนของอากาศรอบๆ กระเปาะเทอร์โมมิเตอร์

3.หยดน้ำกลั่นลงบนผ้าที่หุ้มกระเปาะเทอร์โมมิเตอร์กระเปาะเปียก โดยปลายอีกด้านหนึ่งของผ้าจุ่มอยู่ในน้ำกลั่น ให้จัดกระเปาะของเทอร์โมมิเตอร์อยู่สูงเหนือระดับน้ำกลั่นที่บรรจุในภาชนะ ประมาณ 1 นิ้ว นำไปติดตั้งกับขาตั้ง

4.นำเทอร์โมมิเตอร์ที่สามารถอ่านค่าในช่วง -5 ถึง 100°C มาเสียบเข้ากับจุกยางที่เจาะรูตรงกลาง จุกยางนี้มีขนาดเท่ากับปากเปิดของโกลบ ปิดปากโกลบด้วยจุกยางเสียบเทอร์โมมิเตอร์นี้ ให้กระเปาะของเทอร์โมมิเตอร์อยู่ตรงจุดศูนย์กลางของโกลบ แล้วนำไปติดตั้งกับขาตั้ง

5. ปรับระดับให้เทอร์โมมิเตอร์ทั้ง 3 ชนิดข้างต้น อยู่ในระดับเดียวกัน คือ สูงจากพื้นระดับหน้าอกของลูกจ้าง

6. ใช้ขาตั้งยึดหรือแขวนเทอร์โมมิเตอร์ทั้งสามนี้ ในบริเวณที่อากาศสามารถพัดผ่านได้ โดยไม่มีสิ่งใดบังเทอร์โมมิเตอร์กระเปาะเปียกและโกลบจากสิ่งแวดล้อม และตั้งชุดตรวจวัดนี้ไว้ใกล้กับจุดที่คนทำงานอยู่มากที่สุด ทั้งนี้ต้องไม่ขัดขวางการทำงานของคนงาน รวมทั้ง ติดตั้งเพื่อตรวจวัดในบริเวณที่คนงานพักด้วย

7. ตั้งอุปกรณ์หรือเครื่องมือไว้อย่างน้อย 30 นาที ก่อนอ่านค่า บันทึกค่า NWB, GT, DB หรือค่า WBGT และระยะเวลาการทำงานของพนักงานในจุดการทำงานนั้นๆ

สำหรับอุปกรณ์ตรวจวัดสภาพความร้อนที่ไม่สามารถคำนวณค่าจากเครื่องมือโดยตรง ให้นำค่าที่อ่านได้จากเทอร์โมมิเตอร์มาคำนวณด้วยสูตรต่อไปนี้

WBGT = 0.7 NWB + 0.3 GT (ในกรณีวัดในอาคารหรือนอกอาคารที่ไม่มีแดด)

WBGT = 0.7 NWB + 0.2 GT + 0.1 DB (ในกรณีวัดนอกอาคารและมีแดด)

WBGT หมายถึง Wet Bulb Globe Temperature (°C) เป็นดัชนีวัดสภาพความร้อนในสิ่งแวดล้อม

NWB หมายถึง Natural Wet Bulb (°C) อุณหภูมิของเทอร์โมมิเตอร์ชนิดกระเปาะเปียกตามธรรมชาติ เป็นเสมือนการวัดอุณหภูมิที่ผิวหนัง ซึ่งหากเหงื่อสามารถระเหยได้ อุณหภูมินี้จะต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศ

GT หมายถึง Globe Temperature อุณหภูมิของเทอร์โมมิเตอร์ชนิดโกลบ (°C) เป็นการวัดความร้อนที่เกิดจากการแผ่รังสี

DB หมายถึง Dry Bulb อุณหภูมิของเทอร์โมมิเตอร์ชนิดกระเปาะแห้ง (°C) เป็นการวัดอุณหภูมิอากาศ ซึ่งถ่ายเทความร้อนโดยการพา

8.หากคนงานทำงานในบริเวณที่มีสภาพความร้อนแตกต่างกันตั้งแต่สองพื้นที่ขึ้นไป ให้ตรวจวัดสภาพความร้อนในทุกพื้นที่ แล้วเลือกช่วงระยะเวลา 2 ชั่วโมงที่ร้อนที่สุด นำค่าที่วัดได้มาคำนวณค่า WBGT เฉลี่ย ดังนี้

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

$WBGT_1$ = ค่าดัชนี WBGTณ 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

$t_1 + t_2 + t_3 + ... + t_n$ = 2 ชั่วโมงที่มีอุณหภูมิเวตบัลบ์โกลบ (WBGT) สูงสุด

9. ศึกษาระยะเวลาการทำงาน และลักษณะการทำงาน ของพนักงาน เพื่อประเมินภาระงาน ว่าลักษณะงานที่ทำในช่วง 2 ชั่วโมงที่ร้อนที่สุดของพนักงาน เป็นลักษณะงานหนัก งานหนักปานกลาง หรืองานเบา โดยคำนวณด้วยสูตรต่อไปนี้

$$\textbf{Avg. M.} = \frac{M_1t_1 + M_2t_2 + M_3t_3 + \ldots\ldots + M_nt_n}{t_1 + t_2 + t_3 + \ldots\ldots + t_n}$$

เมื่อ $\mathbf{M_1}$, $\mathbf{M_2}$ ... และ $\mathbf{M_n}$ คือ ค่าประมาณความร้อนที่เกิดจากการเผาผลาญอาหารเพื่อสร้างพลังงาน สำหรับกิจกรรมต่างๆ มีหน่วยเป็นกิโลแคลอรีต่อชั่วโมงหรือกิโลแคลอรีต่อนาที (ตารางที่ 1 และตารางที่ 2) ในช่วงเวลา $\mathbf{t_1}$, $\mathbf{t_2}$, $\mathbf{t_n}$ มีหน่วยเป็นชั่วโมงหรือนาที (ศึกษาการคำนวณจากตัวอย่างที่ 2)

10. นำค่าระดับความร้อนที่คำนวณได้ (ตามข้อ 8) และลักษณะงานที่คำนวณได้ (ตามข้อ 9) เปรียบเทียบกับมาตรฐานระดับความร้อนตามที่กำหนดไว้ในกฎกระทรวงฯ

ตารางที่ 1 การประเมินภาระงาน (อัตราการเผาผลาญอาหารเฉลี่ยในร่างกายของคนงานขณะที่ทำกิจกรรมต่างๆ)

ท่าทางการเคลื่อนไหวของร่างกาย	กิโลแคลอรี่/นาที	
- นั่ง	0.3	
- ยืน	0.6	
- เดินบนพื้นราบ	2.0 – 3.0	
- เดินขึ้นที่สูง	เพิ่ม 0.8 ทุกความสูงที่เพิ่มขึ้น 1 เมตร	
กิจกรรม/การปฏิบัติงาน	ค่าพลังงานเฉลี่ย (กิโลแคลอรี่/นาที)	ช่วง (กิโลแคลอรี่/นาที)
ชนิดของการปฏิบัติงาน		
ทำงานด้วยมือ :		
- เบา (เขียนหนังสือ เย็บปักถักร้อย)	0.4	0.2 – 1.2
- หนัก (พิมพ์ดีด นับ/เรียงเอกสาร)	0.9	
ทำงานด้วยแขนข้างเดียว :		
- เบา (กวาดพื้น เช็ดถูพื้น)	1.0	0.7 – 2.5
- หนัก (ตอกตะปู เลื่อยไม้)	1.7	
ทำงานด้วยแขนทั้ง 2 ข้าง :		
- เบา (ป้อนชิ้นงาน ตะไบโลหะ งานสวน)	1.5	1.0 – 3.5
- หนัก (ไสไม้ แกะสลักไม้)	2.5	
ทำงานด้วยร่างกายทุกส่วน :		
- เบา (ขับรถยนต์)	3.5	2.5 – 15.0
- ปานกลาง (ทาสี ขัดถูพื้น ทำความสะอาดพรม)	5.0	
- หนัก (ลาก ดึง ยกของหนัก)	7.0	
- หนักมาก (ก่อสร้าง ขุดดิน คุ้ยตะกรันในเตาหลอม)	9.0	
เมตาโบลิสม์พื้นฐานของร่างกาย	1.0	

หมายเหตุ * ค่ากำหนดสำหรับคนงานมาตรฐาน ซึ่งมีน้ำหนักตัว 70 กิโลกรัม มีพื้นที่ผิวของร่างกาย 1.8 ตารางเมตร และสวมเสื้อผ้าปกติขณะปฏิบัติงาน

** 1 กิโลแคลอรี่ = 3.968 บีทียู , 1 บีทียู = 0.252 กิโลแคลอรี่

ที่มา : U.S. Department of Labor, Occupational Safety and Health Administration, ***OSHA Technical Manual –Section III***

<u>ตารางที่ 2</u> ตัวอย่างกิจกรรมเปรียบเทียบกับตารางที่ 1

ตัวอย่างการทำงาน การประกอบชิ้นงานใช้เครื่องมือหนัก	กิโลแคลอรี่/นาที
1. เดินไปเรื่อยๆ	2.0
2. ใช้ 2 แขน (งานหนัก) และใช้ร่างกายทุกส่วน(งานเบา)	3.0
3. เมตาโบลิสม์พื้นฐานของร่างกาย	1.0
รวม	**6.0**

ตารางแสดงตัวอย่างกิจกรรม/การปฏิบัติงาน ตามระดับความหนักเบา

ความหนักเบา	ตัวอย่างกิจกรรม/การปฏิบัติงาน
งานเบา (ไม่เกิน200 กิโลแคลอรี่/ชั่วโมง)	นั่งทำงานโดยมีการเคลื่อนไหวของแขน-ขาปานกลาง เช่น งานสำนักงาน ขับรถยนต์ขนาดเล็ก ตรวจสอบ/ประกอบชิ้นส่วนวัสดุเบา เย็บปักถักร้อย
	ยืนทำงานโดยมีการเคลื่อนไหวของลำตัวเล็กน้อย เช่น ควบคุมเครื่องจักร บรรจุวัสดุน้ำหนักเบา การใช้เครื่องมือกล/เครื่องทุ่นแรงขนาดเล็ก
	เดินด้วยความเร็วไม่เกิน 2 ไมล์/ชั่วโมง (3.2 กิโลเมตร/ชั่วโมง) เช่น เดินตรวจงาน หรือเดินส่งเอกสารจำนวนเล็กน้อย
งานปานกลาง (201-350 กิโลแคลอรี่/ชั่วโมง)	นั่งทำงานโดยมีการเคลื่อนไหวหรือใช้กำลังแขน-ขาค่อนข้างมาก เช่น นั่งควบคุมปั้นจั่น เครน หรือเครื่องจักรกลขนาดใหญ่ในงานก่อสร้าง ประกอบ/บรรจุวัสดุที่มีน้ำหนักค่อนข้างมาก ขับรถบรรทุกขนาดใหญ่
	ยืน/เคลื่อนไหวลำตัวขณะทำงาน เช่น ยกของที่มีน้ำหนักปานกลาง ลาก-ดึงรถเข็นวัสดุที่มีล้อเลื่อน ทำงานในห้องเก็บของ ยืนตอกตะปู ใช้เครื่องมือกลขนาดปานกลาง ยืนป้อนชิ้นงาน การขัดถู ทำความสะอาด รีดผ้า
	เดินด้วยความเร็ว 2-3 ไมล์/ชั่วโมง (3.2 – 4.8 กิโลเมตร/ชั่วโมง) หรือเดินโดยมีการถือวัสดุที่น้ำหนักไม่มาก เช่น เดินส่งเอกสารหรือห่อวัสดุสิ่งของ
งานหนัก (มากกว่า 350 กิโลแคลอรี่/ชั่วโมง)	ทำงานที่มีการเคลื่อนไหวลำตัวมาก/อย่างเร็ว หรือต้องมีการออกแรงมาก เช่น ลาก ดึง หรือยกของที่มีน้ำหนักมาก (> 20 kg) โหนหรือปีนขึ้นที่สูง งานเลื่อยไม้ ขุดหรือเซาะดิน/ทรายที่มีความชื้นสูง คุ้ยตะกรันในเตาหลอม แกะสลักโลหะหรือหิน การขัดถูพื้นหรือพรมที่สกปรกมาก ๆ งานก่อสร้างและงานหนักที่ต้องปฏิบัติกลางแจ้ง
	เดินเร็วๆ หรือวิ่งด้วยความเร็วมากกว่า 3 ไมล์/ชั่วโมง (4.8 กิโลเมตร/ชั่วโมง)

ที่มา : • ACGIH - Threshold Limit Values (TLVs) and Biological Exposure Indices (BEIs), 1999.

• Ergonomics Guides - American Industrial Hygiene Journal : Vol. 32, August 1971.

7. ตัวอย่างการคำนวณ

ตัวอย่าง 1 โรงหลอมโลหะแห่งหนึ่ง มีการหลอมโลหะโดยใช้เตาหลอมไฟฟ้า ในวันที่มีการหลอมโลหะ พนักงานแผนกเตาหลอมจะทำงานตลอดทั้งวัน ซึ่งมีขั้นตอนการทำงาน ดังนี้ นำวัตถุดิบต่างๆ ใส่เตาหลอม และเขี่ยวัตถุดิบที่อยู่ในเตารวม 70 นาที ตรวจสอบและปรับค่าต่างๆ ที่ตู้ควบคุมไฟฟ้าและชั่งวัตถุดิบ 15 นาที ทดสอบคุณภาพน้ำโลหะ 5 นาที ควบคุมการเทน้ำโลหะสู่ภาชนะรองรับเพื่อนำไปเทลงแบบพิมพ์ 15 นาที จดบันทึกข้อมูลและนั่งพัก 20 นาที และผู้ตรวจวัดได้นำเครื่องมือไปทำการวัดสภาพความร้อนในบริเวณการทำงานของพนักงานตลอดเวลาการทำงาน และค่าระดับความร้อน 2 ชั่วโมงที่สูงสุดที่ติดต่อกัน คือ

ลักษณะการทำงาน	ระยะเวลา (นาที)	WBGT(˚C)
1. งานหน้าเตาหลอม	70	33.8
2. ตรวจสอบ/ปรับค่าต่างที่ตู้ควบคุมไฟฟ้าและชั่งวัตถุดิบ	15	32.5
3. ทดสอบคุณภาพน้ำโลหะ	5	31.2
4. ควบคุมการเทน้ำโลหะสู่ภาชนะรองรับเพื่อนำไปเทลงแบบพิมพ์	15	32.5
5. จดบันทึกข้อมูลและนั่งพัก	20	30.1

ถามว่าพนักงานแผนกนี้ได้รับระดับความร้อนจากการทำงานในสภาพแวดล้อมการทำงานดังกล่าวนี้ เท่าไหร่

วิธีการ คือ ให้นำค่า WBGT แต่ละลักษณะ ที่มีค่าสูงสุดใน 120 นาที มาทำการคำนวณหาค่า WBGT เฉลี่ยตลอดเวลา 2 ชั่วโมง (120 นาที) ตามสูตร

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

$$= \frac{(33.8 * 70) + (32.5 * 15) + (31.2 * 5) + (32.5 * 15) + (30.1 * 15)}{120}$$

$$= \frac{3,948.5}{120} = 32.9\ ^{\circ}C$$

ระยะเวลาจดบันทึกข้อมูลและนั่งพัก 20 นาที แต่นำเพียง 15 นาทีที่ยังขาดอยู่มาใช้คำนวณ

ค่า WBGT ของพนักงานคนนี้ที่ตรวจวัดได้ คือ **32.9** ˚C (นำไปเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานตามกฎกระทรวงฯ แต่ต้องจำแนกความหนักเบาของงานให้ได้ก่อน)

ตัวอย่าง 2 จากตัวอย่างที่ 1 พิจารณาจำแนกความหนัก-เบาของงานของพนักงานที่ปฏิบัติ ได้เป็นอย่างไร

ลักษณะงาน	การคำนวณพลังงานที่ใช้เพื่อจำแนกความหนักเบาของงาน (กิโลแคลอรี่ ; Kcal.)
1. งานหน้าเตาหลอม 70 นาที มีลักษณะการทำงาน คือ - นำวัตถุดิบใส่เตา 30 นาที (ใช้ร่างกายทุกส่วน - ปานกลาง) - เขี่ยวัสดุในเตา 40 นาที (ใช้แขน 2 ข้าง - หนัก)	**รวมพลังงานที่ใช้ 250 Kcal ในระยะเวลา 70 นาที** คำนวณได้จาก 5.0 X 30 = 150 Kcal. 2.5 X 40 = 100 Kcal.

ลักษณะงาน	การคำนวณพลังงานที่ใช้เพื่อจำแนกความหนักเบาของงาน (กิโลแคลอรี่ ; Kcal.)
2. ตรวจสอบ/ปรับค่าต่างที่ตู้ควบคุมไฟฟ้าและชั่งวัตถุดิบ 15 นาที มีลักษณะการทำงาน คือ - ยืนหน้าตู้ควบคุมตรวจสอบ /ปรับ 5 นาที (ใช้แขนข้างเดียว - เบา) - ชั่งวัตถุดิบ 10 นาที (ทำงานทั้งร่างกาย - เบา)	**รวมพลังงานที่ใช้ 40 Kcal ในระยะเวลา 10 นาที** คำนวณได้จาก 1.0 X 5 = 5.0 Kcal 3.5 X 10 = 35 Kcal
3. ทดสอบคุณภาพน้ำโลหะ 5 นาที มีลักษณะการทำงาน คือ - ตักน้ำโลหะมาทดสอบ 5 นาที (ใช้ทั้งร่างกาย - เบา)	**รวมพลังงานที่ใช้ 17.5 Kcal ในระยะเวลา 5 นาที** คำนวณได้จาก 3.5 X 5 = 17.5 Kcal
4. ควบคุมการเทน้ำโลหะสู่ภาชนะรองรับเพื่อนำไปเทลงแบบพิมพ์ 15 นาที มีลักษณะการทำงาน คือ - หมุนพวงมาลัย 5 นาที(ใช้ทั้งร่างกาย - เบา) - ควบคุมการไหลของน้ำโลหะ 10 นาที(ใช้ทั้งร่างกาย - เบา)	**รวมพลังงานที่ใช้ 52.5 Kcal ในระยะเวลา 15 นาที** คำนวณได้จาก 3.5 X 5 = 17.5 Kca 3.5 X10 = 35 Kcal
5. จดบันทึกข้อมูลและนั่งพัก 15 นาที มีลักษณะการทำงาน คือ - จดบันทึกข้อมูล 5 นาที (งานใช้มือ - เบา) - นั่ง 10 นาที	**รวมพลังงานที่ใช้ 5 Kcal ในระยะเวลา 15 นาที** คำนวณได้จาก 0.4 X 5 = 2 Kcal 0.3 x 10 = 3 Kcal
6. การเผาผลาญของร่างกาย (Basal metabolism) 120 นาที	1.0 X 120 = 120 Kcal ในระยะเวลา 120 นาที
รวมพลังงานที่ใช้ในระยะ 120 นาที (2 ชั่วโมง) **แปลงค่าพลังงานที่ใช้เป็น 1 ชั่วโมง**	250 + 40 +17.5 + 52.5 + 5 +120 Kcal **= 485 Kcal** **= 485 / 2 = 242.5 กิโลแคลอรี่/ชั่วโมง (Kcal/hr)**

นำผลลัพธ์ที่คำนวณค่าพลังงานที่ใช้ในการปฏิบัติงาน มาเปรียบเทียบว่า เป็นระดับความหนัก-เบาของงาน

ความหนัก-เบา	พลังงาน (กิโลแคลอรี่/ชั่วโมง)
งานเบา	ไม่เกิน 200
งานปานกลาง	201 ถึง 350
งานหนัก	เกิน 350

จากการคำนวณพลังงานที่ใช้ในการเผาผลาญของพนักงาน 242.5 กิโลแคลอรี่/ชั่วโมง จัดเป็น**งานหนักปานกลาง**

สรุปผลการประเมินระดับความร้อน จากตัวอย่างที่ 1 และตัวอย่างที่ 2

ค่า WBGT ของพนักงานคนนี้ที่ตรวจวัดได้ คือ 32.9 °C และลักษณะงานจัดเป็นงานปานกลาง เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับกฎกระทรวงฯ เกี่ยวกับความร้อน แสงสว่าง และเสียง หมวด 1 ความร้อน ข้อ 3 (2) กำหนดลักษณะงานปานกลาง ให้มีระดับความร้อน -ค่าเฉลี่ย WGBT ไม่เกิน 32 °C

ฉะนั้น พนักงานที่ปฏิบัติงานในโรงหลอมโลหะแห่งนี้ ได้รับระดับความร้อนเกินเกณฑ์มาตรฐานความปลอดภัยฯ ตามกฎกระทรวงดังกล่าว

8. การควบคุมและการป้องกัน

แนวทางการควบคุมสภาพความร้อนจากสิ่งแวดล้อมในการทำงานโดยทั่วไป สามารถดำเนินการได้หลายวิธี ได้แก่

- การใช้ฉนวนหุ้ม (Insulator) แหล่งกำเนิดความร้อน เช่น ใช้ฉนวนบุท่อน้ำร้อน หม้อไอน้ำ เพื่อเป็นการลดการแผ่รังสีและการพาความร้อนลง
- การใช้ฉากกั้นป้องกันรังสีความร้อน (Radiation Shielding) เช่น การใช้ฉากอลูมิเนียมกั้นระหว่างแหล่งกำเนิดความร้อนและพนักงาน
- การจัดระบบการระบายอากาศแบบทั่วไป หรือการติดตั้งระบบการระบายอากาศเฉพาะที่ในการระบายความร้อนจากแหล่งกำเนิดความร้อนออกไป
- การแยกแหล่งกำเนิดที่ก่อให้เกิดความร้อนออกจากบริเวณการทำงานอื่น
- การติดประกาศเตือน
- การจัดอุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคล
- การลดเวลาการทำงานสัมผัสกับความร้อนและเพิ่มเวลาการพัก
- การจัดน้ำดื่ม –น้ำเกลือแร่ เป็นต้น

9. เอกสารอ้างอิง

1. ACGIH - Threshold Limit Values (TLVs) and Biological Exposure Indices (BEIs), 1999
2. ACGIH - Threshold Limit Values (TLVs) and Biological Exposure Indices (BEIs), 2006
3. Ergonomics Guides - American Industrial Hygiene Journal : Vol. 32, August 1971.
4. International Organization for Standardization, Hot environment – Estimation of heat stress on working man, based on the WBGT – index (wet bulb globe temperature), ISO7243 : 1989
5. U.S. Department of Labor, Occupational Safety and Health Administration,***OSHA Technical Manual –Section III***, www.osha.gov/dts/osta/otm_iii/otm_iii_4.html เมื่อวันที่ 19 ตุลาคม 2549
6. คณาจารย์ภาควิชาสรีรวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล **สรีรวิทยา ,** 2539
7. รศ. ดร. วันทนี พันธุ์ประสิทธิ์ มหาวิทยาลัยมหิดล **เสนอแนะการตรวจวัดความร้อน แสง และเสียงตามกฎหมาย**, 2549
8. สถาบันความปลอดภัยในการทำงาน กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน **คู่มือการตรวจวัดและประเมินสภาพแวดล้อมด้านกายภาพ**, 2545

10. หน่วยงานจัดทำและเรียบเรียง

ฝ่ายพัฒนาความปลอดภัย สถาบันความปลอดภัยในการทำงาน

กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน

11. ที่ปรึกษาวิชาการ

1. รศ. ดร. วันทนี พันธุ์ประสิทธิ์ คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

คณะอนุกรรมการยกร่างมาตรฐานในการบริหาร และการจัดการด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงานเกี่ยวกับภาวะแวดล้อม

2. นายมานิตย์ พิสิฐบุตร ฝ่ายงานคณะกรรมการความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงาน กองตรวจความปลอดภัย

เลขานุการคณะอนุกรรมการยกร่างมาตรฐานในการบริหาร และการจัดการด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงาน เกี่ยวกับภาวะแวดล้อม

12. เอกสารแนบท้าย

คุณลักษณะเครื่องมือการตรวจวัดสภาพความร้อนตามมาตรฐาน ISO 7243

1. Natural Wet Bulb Temperature Sensor หัววัดอุณหภูมิชนิดกระเปาะเปียก จะต้องเป็นไปตามคุณลักษณะดังนี้

- ชุดหัววัดอุณหภูมิต้องเป็น ทรงกระบอก
- เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกของชุดหัววัดอุณหภูมิ 6 มิลลิเมตร.± 1 มิลลิเมตร
- ความยาวของชุดหัววัดอุณหภูมิ 30 มิลลิเมตร.± 5 มิลลิเมตร
- ช่วงการตรวจวัดอุณหภูมิ 5 - 40 องศาเซลเซียส
- ความแม่นยำในการตรวจวัด ± 0.5 องศาเซลเซียส
- ชุดหัววัดอุณหภูมิทั้งหมดจะต้องถูกห่อหุ้มโดยปลอกหุ้มสีขาว ทำจากผ้าวัสดุที่ซึมซับน้ำได้ดี เช่น ผ้าฝ้าย เป็นต้น
- ส่วนฐานของชุดหัววัดอุณหภูมิ จะต้องมีเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 6 มิลลิเมตร และ 20 มิลลิเมตร และทั้งสองส่วนจะต้องถูกห่อหุ้มด้วยปลอกผ้า เพื่อป้องกันการนำความร้อนจากส่วนฐานไปสู่ชุดหัววัดอุณหภูมิ
- ปลอกผ้าจะต้องเป็นปลอกหุ้มที่มีขนาดพอดีกับชุดหัววัดอุณหภูมิ ปลอกผ้าที่แน่นไป หรือหลวมไปจะมีผลต่อความแม่นยำในการตรวจวัด
- ปลอกผ้าจะต้องสะอาด
- ส่วนปลายสุดของปลอกผ้าจะต้องจุ่มอยู่ภายในกระเปาะน้ำกลั่น โดยจะต้องมีส่วนปลอกผ้าที่สัมผัสอากาศระหว่าง 20 - 30 มิลลิเมตร
- กระเปาะเก็บน้ำ ต้องออกแบบมาเพื่อป้องกันการแผ่รังสีจากสิ่งแวดล้อมซึ่งจะมีผลให้อุณหภูมิของน้ำที่อยู่ภายในสูงขึ้น

2. Globe Temperature Sensor หัววัดอุณหภูมิชนิดโกลบอยู่กึ่งกลางของกระเปาะทรงกลม หัววัดนี้จะต้องเป็นไปตามคุณลักษณะ ดังนี้

- 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 และอุณหภูมิชนิดโกลบ หลังจากทำการปรับเทียบในช่วงที่กำหนดแล้ว ให้ผลความแม่นยำเท่ากัน ก็สามารถนำมาใช้ได้

3. การตรวจวัดอุณหภูมิอากาศ (Measurement of Air Temperature)

การตรวจวัดอุณหภูมิอากาศ โดยปกติชุดหัววัดอุณหภูมิ จะต้องมีอุปกรณ์ป้องกันการแผ่รังสี แต่ไม่ขัดขวางการไหลเวียนของอากาศรอบชุดหัววัด

- ช่วงการตรวจวัด 10 - 60 องศาเซลเซียส
- ความแม่นยำ ± 1 องศาเซลเซียส