บทที่ 4

ผลการสำรวจและวิจัย

รายละเอียดทั่วไปของผู้ถูกทดสอบ

จากการวิเคราะห์ข้อมูลของผู้ถูกทดสอบซึ่งเป็นพนักงานประจำอยู่ในสามหน่วยงานของโรงงานหล่อโลหะ หน่วยงานละ 3 คน ซึ่งได้รับภาระงานทางกายภาพ (physical work load) หนักและอยู่ใกล้บริเวณที่มีสภาพความร้อนภายในสถานที่ทำงานสูงมากน้อยต่างกัน ผู้ถูกทดสอบทั้งหมดเป็นเพศชายมีจำนวนทั้งสิ้น 9 คน มีสุขภาพร่างกายแข็งแรงเป็นปกติ มีความคุ้นเคยกับสภาพแวดล้อมในสถานที่ทำงานดี (อายุงานมากกว่า 1 ปี) ผู้ถูกทดสอบเป็นพนักงานที่ปฏิบัติงานประจำอยู่ในหน่วยงานทั้งสาม ได้แก่ พนักงานควบคุมเตาหลอม 3 คน พนักงานเทน้ำเหล็ก 3 คน และพนักงานประทับตัวเลขฯ อีก 3 คน สามารถแสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของอายุ ส่วนสูง น้ำหนักตัวและพื้นที่ผิวของร่างกาย (COSMED s.r.l Italy, 1996) ของพนักงานในแต่ละหน่วยงาน ได้ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของลักษณะผู้ถูกทดสอบ

รายละเอียด	ควบคุมเตาหลอม	เทน้ำเหล็ก	ประทับตัวเลขฯ
อายุ (ปี)	29.3 ± 1.2	20.0 ± 0.0	25.0 ± 6.2
น้ำหนักตัว: W (กิโลกรัม)	76.3 ± 24.6	58.7 ± 5.5	56.0 ± 5.3
ส่วนสูง: H (เซนติเมตร)	171.0 ± 11.4	169.9 ± 7.2	163.0 ± 4.4
พื้นที่ผิวของร่างกาย: BSA (ตารางเมตร)	1.9 ± 0.3	1.7 ± 0.1	1.6 ± 0.1

เมื่อ $BSA = (71.84 * W^{0.425} * H^{0.725})/10000$

ผู้ถูกทดสอบทั้งหมดมีอายุโดยเฉลี่ย 24.8 ปี ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 5.1 ปี (ช่วงระหว่าง 20 ถึง 32 ปี), น้ำหนักตัวโดยเฉลี่ย 63.7 กิโลกรัม ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 16.0 กิโลกรัม (ช่วงระหว่าง 50 ถึง 104 กิโลกรัม), ส่วนสูงโดยเฉลี่ย 168.0 เซนติเมตร ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 8.0 เซนติเมตร (ช่วงระหว่าง 159 ถึง 181.7 เซนติเมตร) และพื้นที่ผิวของร่างกายโดยเฉลี่ย 1.7 ตารางเมตร ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.2 ตารางเมตร (ช่วงระหว่าง 1.5 ถึง 2.3 ตารางเมตร)

ลักษณะของภาระงาน

งานวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาในภาคสนามในช่วงเดือนมกราคมถึงกุมภาพันธ์ โดยผู้ถูกทดสอบเป็นพนักงานประจำในหน่วยงานสามหน่วยงานของโรงงานหล่อโลหะ อันได้แก่ หน่วยงานควบคุมเตาหลอม หน่วยงานเทน้ำเหล็กและหน่วยงานประทับตัวเลขฯ การวัดภาระงานทั้งหมดที่พนักงานได้รับนั้นจะวัดทั้งภาระงานภายใน (Internal workload) จากการตอบสนองของภาระงานจากการปฏิบัติงานในหน้าที่ที่แตกต่างกันของแต่ละหน่วยงาน และภาระงานภายนอก (External workload) จากการทำงานในสภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิสูงและสภาพแวดล้อมอื่นๆ ที่แตกต่างกันของหน่วยงานทั้งสาม การประเมินวัดผลนั้นใช้วิธีการทางการยศาสตร์สามแนวทางร่วมกัน ได้แก่ 1) แนวทางการประเมินผลทางสภาพแวดล้อมซึ่งจะทำการวัดผลทั้งสภาพความร้อนภายในสถานที่ทำงานและสภาพแวดล้อมอื่นๆ มาประกอบคำอธิบาย เช่น สภาพภายในโรงงาน ระบบการทำงานและกระบวนการผลิต เป็นต้น 2) แนวทางการวัดผลการตอบสนองทางสรีรวิทยาโดยใช้เครื่องมือวัดต่างๆ และ 3) แนวทางการทดสอบทางด้านจิตวิสัยโดยใช้แบบสอบถาม

การประเมินภาระงานภายนอก

การประเมินภาระงานภายนอกนั้นกระทำขึ้นเพื่อประเมินภาระงานซึ่งเกิดจากสภาพแวดล้อมภายในโรงงาน กระบวนการผลิต ระบบการทำงาน หน้าที่และกิจกรรมการทำงานของพนักงาน รวมถึงพฤติกรรมที่แสดงออกในการปรับตัวของพนักงานเพื่อลดภาระงานจากภายนอกนั้นด้วย นอกจากนั้นยังใช้แบบสอบถามทางด้านจิตวิสัยมาทำการประเมินสภาพแวดล้อมในหน่วยงานร่วมด้วย

1. <u>ลักษณะของโรงงาน</u>

โรงงานที่ทำการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ตั้งอยู่ในจังหวัดสระบุรี ดำเนินการผลิตผลิตภัณฑ์เหล็กหล่อที่ใช้ทำชิ้นส่วนในอุตสาหกรรมยานยนต์ อุตสาหกรรมเครื่องยนต์ดีเซลเพื่อการเกษตร อุตสาหกรรมทำอุปกรณ์ไฟฟ้าและอุตสาหกรรมเครื่องทำความเย็น โรงงานประกอบด้วยสองสายการผลิต คือ สาย MA และสาย MB ดำเนินการผลิตโดยใช้เตาหลอมชนิดเหนี่ยวนำไฟฟ้า (electric induction furnace) มีกำลังการผลิตรวมปีละ 33,000 ตัน มาจากสาย MA 27,500 ตัน/ปี ซึ่งดำเนินการผลิตผลิตภัณฑ์ขนาดใหญ่ และมาจากสาย MB 5,500 ตัน/ปี ซึ่งดำเนินการผลิตผลิตภัณฑ์ขนาดเล็ก ลักษณะของตัวอาคารโรงงานทำจากโครงคร่าวเหล็กรูปตัวแอล (L) ผนังอาคารเป็น

กระเบื้องบานเกร็ดสูง 12 เมตร มีหน้าต่างทั้งหมด 28 บาน ขนาด 1.55 x 1.60 เมตร หลังคาเป็นแบบหลังคาลอยยกสูง 1 เมตร บนหลังคามีพัดลมดูดอากาศออกนอกอาคารกระจายอยู่ตามจุดต่างๆ ของโรงงาน มีประตูเข้าออกอาคารโรงงาน 8 ประตู เป็นประตูขนาดใหญ่อยู่ด้านหน้าและด้านหลังโรงงานและมีประตูขนาดเล็กอยู่ด้านข้างโรงงานข้างละ 3 ประตู ทำให้มีการระบายอากาศเข้าออกโรงงานได้ดี นอกจากนี้ยังมีสกายไลท์กระจายอยู่ทั่วหลังคา มีการติดตั้งระบบดูดฝุ่น-ควันในตัวอาคารโรงงานและมีรถดูดฝุ่นวิ่งภายในบริเวณโรงงาน อาคาร อีกด้วย

2. <u>รายละเอียดของกระบวนการผลิต</u>

กระบวนการในการผลิตเหล็กหล่อที่ใช้ในโรงงานสามารถแบ่งออกได้เป็นสามส่วนที่สำคัญ คือ

2.1 การหลอมเหล็ก

การหลอมเหล็กนั้นเริ่มแรกจะกระทำที่หน่วยงานควบคุมเตาหลอมโดยพนักงานควบคุมเตาหลอม เริ่มจากทำการป้อนเศษเหล็กเหนียว เหล็กถลุง เหล็กผสม โลหะอัลลอยด์และเศษเหล็กที่เหลือใช้หมุนเวียนเข้าเตาหลอมชนิดเตาหลอมเหนี่ยวนำไฟฟ้าโดยใช้รถลำเลียงเหล็กบรรทุกเหล็กมาเข้าเตาหลอม อัตราส่วนผสมของวัตถุดิบที่ป้อนเข้าเตานั้นจะขึ้นอยู่กับประเภทของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด น้ำเหล็กตัวอย่างจากเตาหลอมจะถูกนำไปตรวจสอบส่วนผสมทางเคมีและอุณหภูมิในห้องปฏิบัติการ เพื่อให้ได้คุณสมบัติตามที่ต้องการ โดยปกติน้ำเหล็กที่จะใช้เทในแบบหล่อทรายนั้นจะมีอุณหภูมิประมาณ 1,300^{o}C-1,500^{o}C

หลังจากน้ำเหล็กที่ได้จากเตาหลอมพร้อมที่จะนำมาเทลงในแบบหล่อทรายแล้ว น้ำเหล็กก็จะถูกส่งต่อจากเตาหลอมมายังหน่วยงานเทน้ำเหล็กโดยใช้รถรางบรรทุกเบ้าเทมารับน้ำเหล็ก แล้วต่อจากนั้นพนักงานก็จะทำการตักกากน้ำเหล็ก (slag) ที่ลอยอยู่บนน้ำเหล็กออก แล้วทำการวัดอุณหภูมิน้ำเหล็กและตักน้ำเหล็กตัวอย่าง หลังจากนั้นพนักงานเทน้ำเหล็กจะนำเครนมายกเบ้าน้ำเหล็กไปเทยังแบบหล่อทรายในสายการผลิตต่อไป

2.2 การเตรียมแบบหล่อทราย

ขั้นตอนในการเตรียมแบบนั้นแบ่งออกได้เป็นสองส่วน คือ 1) ส่วนที่เป็นแกนหล่อ (core) จะเตรียมโดยใช้ทรายผสมกับส่วนผสมอื่นแล้วปั้นให้ได้ตามที่ต้องการโดยใช้เครื่องปั้น หลังจากนั้นจึงนำไปอบเพื่อให้ทรายจับตัวกันแน่น และ 2) ส่วนที่เป็นตัวแบบหล่อทรายจะเตรียมโดยใช้ทรายใหม่มาผสมทรายที่ใช้แล้วแต่นำกลับมาใช้ใหม่กับส่วนผสมซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวประสานอื่นๆ และน้ำ แล้วนำไปใส่ลงในแบบ (pattern) ที่ทำจากโลหะซึ่งมีหีบครอบอยู่ จากนั้นนำไปอัดโดย

ใช้เครื่องอัดไฮดรอลิคที่มีกำลังอัดสูงอัดให้ทรายจับตัวกันแน่นเมื่อดึงแบบออกก็จะทำให้เกิดรอยบุ๋มตามแบบ (pattern) แล้วจึงออกมาผ่านสายการผลิต โดยจะมีหน่วยงานหนึ่งที่แบ่งพนักงานไปวางแกนหล่อจุดหนึ่งและประทับตัวเลขลงบนแบบหล่อทรายจุดหนึ่งในสายการผลิต แบบหล่อทรายจะไหลต่อเนื่องกันไปตามสายการผลิต เมื่อผ่านกระบวนการนี้แล้วแบบหล่อทรายก็จะถูกส่งไปยังหน่วยงานเทน้ำเหล็ก พนักงานเทน้ำเหล็กจะไปรับเบ้าเทน้ำเหล็กโดยใช้เครนยกเบ้าเข้ามายังสายการผลิตแล้วทำการเทน้ำเหล็กลงในแบบหล่อทรายต่อไป

2.3. การอบความร้อน

หลังจากผ่านกระบวนการหล่อเรียบร้อยแล้ว บางครั้งผลิตภัณฑ์ที่ได้อาจจำเป็นต้องถูกส่งเข้าไปผ่านการอบความร้อน (heat treatment) เพื่อให้เหล็กมีคุณภาพดีขึ้น โดยนำเหล็กไปอบที่อุณหภูมิสูงจนร้อนแดงแล้วปล่อยให้เย็นลงในอุณหภูมิปกติอย่างช้าๆ ซึ่งจะทำให้เหล็กที่ได้อ่อนตัวลงเล็กน้อยและทำลายความเครียดภายในเนื้อเหล็กด้วย ต่อจากนั้นจึงนำไปขัดผิวและตกแต่งเพื่อให้ได้ขนาดและรูปร่างตามที่ต้องการก่อนจะจัดส่งให้ลูกค้าต่อไป

จากกระบวนการผลิตดังกล่าวสามารถแสดงให้เห็นได้ดังภาคผนวก ก. ซึ่งจะเห็นได้ว่ามีสามหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิตและทำงานในโรงงานที่ต้องสัมผัสกับความร้อนในกระบวนการผลิตที่แตกต่างกัน พนักงานที่ทำงานในหน่วยงานทั้งสามนั้นประกอบด้วย พนักงานควบคุมเตาหลอม พนักงานเทน้ำเหล็กและพนักงานประทับตัวเลขบนแบบหล่อทราย ซึ่งเป็นหน่วยงานที่ผู้วิจัยได้มีความสนใจและทำการศึกษาวิจัยในครั้งนี้

3. <u>ระบบการทำงานในโรงงาน</u>

ในโรงงานประกอบด้วยหัวหน้าส่วนผลิต 2 คน ซึ่งถูกดูแลควบคุมโดยวิศวกร หัวหน้าส่วนผลิตทั้งสองแบ่งงานกันรับผิดชอบคนละส่วน อันได้แก่ ส่วนเตาหลอมซึ่งประกอบด้วยหน่วยงานควบคุมเตาหลอม เทน้ำเหล็ก ซ่อมเบ้าและเตาหลอม และหน่วยงานควบคุมคุณภาพน้ำเหล็ก ส่วนปั้นแบบซึ่งดูแลหน่วยงานวางแกนหล่อและประทับตัวเลขฯ หน่วยงานท้ายรางและหน่วยงานตกแต่งผลิตภัณฑ์ รองจากหัวหน้าส่วนลงมาก็คือหัวหน้ากะ โดยในหน่วยงานหนึ่งมี 3 คน ประจำตามกะการทำงานซึ่งสับเปลี่ยนหมุนเวียนกันไป ระบบกะทำงานของโรงงานนั้นจัดแบ่งเป็น 3 กะ คือ กะเช้า เวลา 8.00น. - 16.00น. กะเย็น 16.00น. - 24.00น. และกะดึก 24.00น. - 8.00น. ในแต่ละช่วงกะทำงานจะมีคนงานประมาณ 60 คน การจัดกะทำงานนั้นใช้ระบบหมุนเวียนกะโดยหมุนเวียนสัปดาห์ละครั้ง จากกะดึกเปลี่ยนเป็นกะเย็น กะเย็นเปลี่ยนเป็นกะเช้าและจากกะเช้าเปลี่ยน

เป็นกะดึก โดยกะหนึ่งๆ นั้นประกอบด้วยทีมทำงานชุดเดิม พนักงานทำงานในโรงงานทั้งหมด 6 วัน/สัปดาห์ ในสายการผลิต MA หยุดวันอาทิตย์ และสายการผลิต MB หยุดวันเสาร์

3.1 การทำงานของพนักงานควบคุมเตาหลอม

พนักงานจะทำงานเต็มเวลาไม่มีเวลาหยุดพักที่ระบุแน่นอน แต่สามารถหยุดพักได้ในช่วงรอกระบวนการผลิต เช่น รอการหลอมเหล็ก รอการลำเลียงเหล็กลงเตาหรือในช่วงเตาเสียหรือสายการผลิตหยุดเดิน พนักงานแต่ละคนรับผิดชอบคนละหนึ่งเตา มีพฤติกรรมการปรับตัวเพื่อลดภาระจากความร้อน อันได้แก่ การใช้พัดลมช่วยเป่าตัวในขณะทำงานอยู่หน้าเตา การเข้าพักในห้องปรับอากาศบ่อยครั้ง การดื่มน้ำเย็นและการใช้ผ้าชุบน้ำเย็นไว้ลูบตัวและการเดินพักในบริเวณด้านนอกห่างไกลจากเตาหลอม เป็นต้น

พนักงานควบคุมเตาหลอม ใช้ระยะเวลาในการทำงานทั้งหมดประมาณ 90 นาที โดยเป็นช่วงเริ่มต้นที่ทำงานด้วยภาระงานเบาๆ ประมาณ 30 นาที เช่น การควบคุมรถลำเลียงเหล็กบรรทุกมาใส่เตาหลอม การเขียนรายงานการหลอมและการตรวจสอบแบบของผลิตภัณฑ์ เป็นต้น หลังจากนั้นเป็นช่วงที่มีภาระงานหนักซึ่งผู้วิจัยได้ทำการศึกษาประมาณ 20 นาที และต่อจากนั้นเป็นช่วงภาระงานเบาอีกประมาณ 40 นาที โดยเป็นช่วงที่รอการเรียกน้ำเหล็กจากหน่วยงานเทน้ำเหล็ก การควบคุมรักษาน้ำเหล็กที่หลอม การควบคุมการปิด-เปิดฝาเตาหลอม การพักดื่มน้ำและการเขียนรายงานสรุปคุณภาพน้ำเหล็ก เป็นต้น ซึ่งมีรายละเอียดของหน้าที่และกิจกรรมของงานดังนี้ คือ

3.1.1 เตรียมเศษเหล็กเข้าเตาหลอม

3.1.2 ควบคุมคุณภาพการหลอมเหล็กในแต่ละสูตรตามมาตรฐาน

3.1.3 เตรียมสารเคมี (inoculant) ให้ตรงกับน้ำหนักที่จะรินลงในเบ้าใหญ่

3.1.4 ตักกากน้ำเหล็ก (slag) ที่ลอยอยู่บนน้ำเหล็กในเตาหลอมออกและสุ่มตัวอย่างน้ำเหล็กในเตาหลอมเพื่อเช็คส่วนประกอบทางเคมี

3.1.5 สุ่มตัวอย่างน้ำเหล็กในเตาทดสอบการเกิดชิลล์ (chill) หรือคาร์ไบด์บนชิ้นงาน

3.1.6 ทำความสะอาดน้ำเหล็กด้วยการตักกากน้ำเหล็ก (slag) ทิ้ง

3.1.7 ทำการตรวจเช็คอุณหภูมิน้ำเหล็กในเตาหลอม

3.2 การทำงานของพนักงานเทน้ำเหล็ก

พนักงานในหน่วยงานนี้กะหนึ่งมี 3 คน สับเปลี่ยนกันทำงานเรียงตามลำดับโดยรับผิดชอบกันคนละ 1 เบ้า ในขณะทำงานพนักงานต้องทำงานสัมผัสกับความร้อนตลอดเวลา และในขณะหยุดพักพนักงานต้องอยู่ในบริเวณหน้างานใกล้กับแหล่งความร้อนโดยไม่มีห้องปรับอากาศแต่มีเพียงแอร์ที่ส่งตามท่อลมเย็นมาช่วยเป่าตัวในบริเวณที่พักและบริเวณเทน้ำเหล็ก ท่อเป่าลมเย็นที่ใช้เป่าตัวผู้ปฏิบัติงานในขณะทำงานมี 3 ท่อ อยู่ในบริเวณเทน้ำเหล็กห่างกัน 3.5 เมตร บนระยะทางเดินเทน้ำเหล็กยาว 19.5 เมตร และมีท่อลมเย็นเป่าตัวบริเวณที่พักอีก 1 ท่อ ในบริเวณสถานที่พัก ระยะเวลาในการทำงานรอบหนึ่งๆ ประมาณ 20 นาที มีพฤติกรรมการปรับตัวเพื่อลดภาระจากความร้อน อันได้แก่ การดื่มน้ำและการใช้ผ้าชุบน้ำเย็นไว้ลูบตัวและการนั่งในบริเวณที่แอร์เป่าลงมา เป็นต้น กิจกรรมของงานในหน้าที่มีดังนี้ คือ

3.2.1 เตรียมความพร้อมของเบ้าเทน้ำเหล็กตามลำดับการหลอมเหล็ก

3.2.2 เช็คลำดับการหลอมเหล็กให้พร้อม

3.2.3 นำเบ้าไปรับน้ำเหล็กหลังจากเช็คลำดับการหลอมกับพนักงานควบคุมเตาหลอมเรียบร้อยแล้ว

3.2.4 ทำความสะอาดน้ำเหล็กโดยตักกากน้ำเหล็ก (slag) ที่ลอยอยู่บนน้ำเหล็กในเบ้าออก

3.2.5 เช็คอุณหภูมิน้ำเหล็กในเบ้าเทน้ำเหล็กตามมาตรฐาน

3.2.6 สุ่มตัวอย่างน้ำเหล็กลงในแบบทรายเพื่อไว้สำหรับทดสอบการเกิดชิลล์ (chill) และทดสอบทางเคมี

3.2.7 เทน้ำเหล็กลงในแบบหล่อทรายที่ดี

3.3 การทำงานของพนักงานประทับตัวเลขบนแบบหล่อทราย

พนักงานในหน่วยงานนี้มีระยะเวลาการทำงานต่อหนึ่งรอบที่ไม่แน่นอนประมาณ 20-30 นาที เกิดความล้าในบริเวณหลังมากเนื่องจากต้องก้มเงยหลังขึ้นลงบ่อยครั้งเพื่อประทับตัวเลขบนแบบหล่อทราย มีเวลาหยุดพักอยู่ในช่วงรอกระบวนการผลิตหรือสายการผลิตหยุดเดินและในช่วงสับเปลี่ยนหน้าที่กับพนักงานเปลี่ยนแบบ ในหน่วยงานนี้ไม่มีพัดลมเป่าตัวในขณะทำงานเนื่องจากปัญหาเรื่องฝุ่นทรายที่ฟุ้งกระจาย จึงใช้การระบายอากาศจากภายนอกอาคารเข้ามาช่วยทำให้การระบายอากาศในสถานที่ทำงานเป็นไปด้วยดี มีรายละเอียดของกิจกรรมหน้าที่ดังนี้ คือ

3.3.1 เตรียมตัวประทับตัวเลขให้พร้อม

3.3.2 ก้มลงประทับตัวเลขลงบนแบบหล่อทราย

3.3.3 หยิบตัวกรองน้ำเหล็ก (slab core) ที่วางอยู่ด้านข้างลำตัว

3.3.4 ก้มลงทำการวางตัวกรองน้ำเหล็กบนแบบหล่อทรายและเป่ารูเททำความสะอาดแบบหล่อทราย

3.3.5 ถ้าหากแบบหล่อทรายเสียก็จะเขียนเครื่องหมายไว้แล้วปล่อยให้แบบหล่อทรายนั้นผ่านไปโดยไม่ต้องประทับตัวเลขและวางตัวกรองน้ำเหล็ก

4. <u>การประเมินสภาพแวดล้อมภายในสถานที่ทำงาน</u>

การประเมินสภาพแวดล้อมในสถานที่ทำงานของหน่วยงานทั้งสามนั้นเป็นการประเมินภาระงานจากภายนอกโดยมีการประเมินสภาพความร้อนเป็นหลัก รวมถึงปัจจัยที่มีผลกระทบต่อภาระความร้อน อันได้แก่ ความเร็วลมและเปอร์เซ็นต์ความชื้นสัมพัทธ์ ส่วนปัจจัยจากสภาพแวดล้อมอื่นๆ อันได้แก่ ระดับความเข้มของแสงสว่างและระดับเสียงนั้นนำมาใช้ประกอบให้ทราบถึงสภาพเงื่อนไขของการทดสอบในภาคสนามภายในโรงงาน

ในการประเมินสภาพแวดล้อมในสถานที่ทำงานนั้นสามารถจัดแบ่งการประเมินได้ในสองแนวทาง คือ การประเมินโดยใช้เครื่องมือและการประเมินโดยใช้แบบสอบถาม ซึ่งสามารถสรุปผลการประเมินในแต่ละแนวทางได้ดังต่อไปนี้

4.1 การประเมินโดยใช้เครื่องมือ

การประเมินผลโดยใช้เครื่องมือนั้นใช้เครื่องมือตรวจวัดสภาพแวดล้อมต่างๆ มาทำการตรวจวัดแล้วทำการบันทึกผลลงในแบบฟอร์ม (ภาคผนวก ข.5) โดยในการประเมินสภาพแวดล้อมต่างๆ นั้นกระทำไปพร้อมกับที่ผู้ถูกทดสอบปฏิบัติหน้าที่อยู่ในหน่วยงาน ซึ่งเป็นการตรวจวัดสภาพแวดล้อมในขณะที่ผู้ถูกทดสอบทำการทดสอบภาคสนามอยู่อันจะทำให้ผลที่ได้มีความถูกต้องแม่นยำมากขึ้นเมื่อใช้อธิบายร่วมกับลักษณะการทำงาน โดยในหน่วยงานหนึ่งๆ นั้นทำการตรวจวัดทั้งหมด 9 ครั้ง สภาพแวดล้อมอื่นๆ อันได้แก่ ระดับความเข้มของแสงสว่างและระดับเสียงนั้นนำมาใช้ประกอบสภาพเงื่อนไขของการทดสอบในภาคสนาม แต่สภาพความร้อนและปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับความร้อน อันได้แก่ ดัชนีอุณหภูมิกระเปาะดำเปียก (WBGT) ความเร็วลมและเปอร์เซ็นต์ความชื้นสัมพัทธ์นั้นทำการประเมินเป็นส่วนหลักเพื่อศึกษาถึงผลของภาระความร้อนในแต่ละหน่วยงาน สามารถแสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของสภาพแวดล้อมของแต่ละหน่วยงานได้ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของสภาพแวดล้อมโดยใช้เครื่องมือวัดในแต่ละหน่วยงาน

สภาพแวดล้อม	ควบคุมเตาหลอม	เทน้ำเหล็ก	ประทับตัวเลขฯ
1. ดัชนีอุณหภูมิกระเปาะดำเปียก : WBGT (°C)	30.5 ± 1.2	28.3 ± 0.9	22.2 ± 0.9
2. เปอร์เซ็นต์ความชื้นสัมพัทธ์ (%)	51.1 ± 5.2	46.7 ± 7.7	65.8 ± 9.4
3. ความเร็วลม (เมตร/วินาที)	7.9 ± 1.1	4.3 ± 0.3	-
4. ระดับเสียง (เดซิเบลเอ)	91.3 ± 2.5	88.4 ± 2.5	96.9 ± 4.3
5. ระดับแสงสว่าง (ลักซ์)	325.8 ± 39.2	178.7 ± 14.4	437.9 ± 12.1

ที่มา : จากตารางที่ ฉ.1 ถึงตารางที่ ฉ.3 ในภาคผนวก ฉ.

เพื่อที่จะศึกษาว่าในหน่วยงานที่ต่างกันจะมีสภาพแวดล้อมที่ต่างกันหรือไม่ จึงได้ทำการทดสอบทางสถิติโดยใช้วิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวน ซึ่งผลจากการทดสอบสรุปได้ว่า หน่วยงานที่ต่างกันจะมีสภาพความร้อนที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (α = 0.05) ดังแสดงได้ในตารางที่ ค.1, ตารางที่ ค.3 และตารางที่ ค.5 ในภาคผนวก ค.

จากการทดสอบพหุพิสัยดันแคนของสภาพความร้อน ดังแสดงในตารางที่ ค.2 ตารางที่ ค.4 และตารางที่ ค.6 ในภาคผนวก ค. อันได้แก่ ดัชนีอุณหภูมิกระเปาะดำเปียก (WBGT) เปอร์เซ็นต์ความชื้นสัมพัทธ์และความเร็วลม ตามลำดับ สามารถสรุปผลได้ดังนี้

4.1.1 ดัชนีอุณหภูมิกระเปาะดำเปียก (WBGT) สามารถจัดแบ่งกลุ่มหน่วยงานตามลำดับมากไปน้อยได้ดังนี้ คือ หน่วยงานควบคุมเตาหลอม หน่วยงานเทน้ำเหล็กและหน่วยงานประทับตัวเลขฯ ตามลำดับ

4.1.2 เปอร์เซ็นต์ความชื้นสัมพัทธ์ (%RH) สามารถแบ่งกลุ่มหน่วยงานตามลำดับมากไปน้อยได้ดังนี้คือ หน่วยงานประทับตัวเลขฯ มีเปอร์เซ็นต์ความชื้นสัมพัทธ์สูงที่สุด รองลงมาคือหน่วยงานควบคุมเตาหลอมและในหน่วยงานเทน้ำเหล็กซึ่งทั้งสองหน่วยงานมีเปอร์เซ็นต์ความชื้นสัมพัทธ์ไม่แตกต่างกัน

4.1.3 ความเร็วลม เนื่องจากในหน่วยงานประทับตัวเลขฯ นั้นมีความเร็วลมต่ำ ด้วยข้อจำกัดการใช้งานของเครื่องมือจึงไม่สามารถทำการตรวจวัดได้จึงกล่าวถึงเฉพาะในหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับความร้อน อันได้แก่ หน่วยงานควบคุมเตาหลอมและหน่วยงานเทน้ำเหล็ก จากหลักการถ่ายเทความร้อนออกจากร่างกายนั้นสรุปได้ว่าความเร็วลมเป็นปัจจัยสำคัญปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อกระบวนการดังกล่าว (สราวุธ สุธรรมาสา, 2534) เพราะฉะนั้นจึงนำมา

ใช้ในการอธิบายผลการทดสอบที่ได้จากการตอบสนองทางสรีรวิทยาจากความร้อนในหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับความร้อนต่อไป เมื่อทำการทดสอบพหุพิสัยดันแคนนั้นสามารถจัดแบ่งกลุ่มหน่วยงานตามลำดับมากไปน้อยได้ดังนี้คือ หน่วยงานควบคุมเตาหลอมและหน่วยงานเทน้ำเหล็ก ตามลำดับ

จากการตรวจวัดสภาพความร้อนของทั้งสามหน่วยงาน สรุปได้ว่า ในหน่วยงานควบคุมเตาหลอม มีสภาพความร้อนที่สูงที่สุด รองลงมา คือ หน่วยงานเทน้ำเหล็ก และต่ำที่สุด คือ หน่วยงานประทับตัวเลขฯ ตามลำดับ เมื่อพิจารณาถึงสภาพความร้อนที่สูงในสองหน่วยงานแรกโดยใช้เครื่องมือวัด คือ หน่วยงานควบคุมเตาหลอมและหน่วยงานเทน้ำเหล็กนั้น พบว่าหน่วยงานควบคุมเตาหลอมมีดัชนีอุณหภูมิกระเปาะดำเปียกและความเร็วลมในสถานที่ทำงานสูงกว่าในหน่วยงานเทน้ำเหล็ก แต่ผลการทดสอบการตอบสนองทางสรีรวิทยาจากความร้อนโดยแสดงออกทางการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิทางปากและอุณหภูมิผิวหนังนั้นน้อยกว่าและการประเมินสภาพความร้อนทางจิตวิสัยก็พบว่ามีค่าใกล้เคียงกัน ทั้งนี้อธิบายได้ว่ามีปัจจัยอื่นที่เข้ามาเกี่ยวข้องกับภาระความร้อนที่ได้รับในขณะทำงาน ปัจจัยหนึ่งก็คือ ความเร็วลมในบริเวณที่ทำงาน (สราวุธ สุธรรมาสา, 2534) กล่าวคือ ในหน่วยงานควบคุมเตาหลอมนั้นมีความเร็วลมที่สูงกว่าในหน่วยงานเทน้ำเหล็กซึ่งทำให้กระบวนการถ่ายเทความร้อนออกจากร่างกายโดยการพาความร้อนและการระเหยของเหงื่อเป็นไปด้วยดี ฉะนั้นจึงทำให้ความร้อนที่สะสมในร่างกายนั้นสามารถถูกถ่ายเทออกสู่ภายนอกได้อย่างรวดเร็วและเหลือภาระความร้อนที่ร่างกายได้รับในช่วงหลังเลิกงานในรอบการทำงานหนึ่งๆ ไม่มากเกินไป ดังแสดงผลออกมาทางการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิทางปากและอุณหภูมิของผิวหนังที่ต่ำกว่าหน่วยงานเทน้ำเหล็กและผลการประเมินสภาพความร้อนทางจิตวิสัยโดยรวมนั้นใกล้เคียงกัน นอกจากนั้นยังพบว่าการที่หน่วยงานควบคุมเตาหลอมยังมีการจัดการสภาพงาน ระบบการทำงานและการพักที่ดีทำให้ภาระงานและภาระความร้อนที่ร่างกายได้รับไม่สูงมากซึ่งถือว่าเป็นการจัดการสภาพความร้อนในหน่วยงานที่มีประสิทธิภาพ

4.2 การประเมินโดยใช้แบบสอบถาม

การประเมินสภาพแวดล้อมโดยใช้แบบสอบถามนั้นเป็นการประเมินทางด้านจิตวิสัยที่ได้จากการสอบถามผู้ถูกทดสอบถึงความรู้สึกที่มีต่อสภาพแวดล้อมในขณะที่เขาทำงานอยู่ (ดังภาคผนวก ข.8) ซึ่งจะทำการประเมินทั้งระดับความร้อน ระดับความเข้มของแสงสว่างและระดับเสียงในแต่ละหน่วยงาน โดยแบ่งระดับความแตกต่างทั้งหมดออกเป็น 7 ระดับ ตั้งแต่ระดับ -3 ถึง ระดับ 3 สำหรับระดับความร้อนนั้น (ASHRAE, 1977) ระดับ -3 คือ หนาวมาก ไปจนถึงระดับ 3 คือ ร้อนมาก ส่วนระดับความเข้มของแสงสว่างนั้น ระดับ -3 คือ แสงน้อยไป และระดับ

3 คือ มากไป และสำหรับระดับเสียง ระดับ -3 หมายถึง เสียงเบาไป และระดับ 3 จะหมายถึงเสียงดังไป สามารถแสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของแต่ละหน่วยงานได้ดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของสภาพแวดล้อมจากแบบสอบถามในแต่ละหน่วยงาน

สภาพแวดล้อม	ควบคุมเตาหลอม	เทน้ำเหล็ก	ประทับตัวเลขฯ
1. ระดับความร้อน	2.1 ± 0.3	2.0 ± 0.0	0.9 ± 0.3
2. ระดับความเข้มของแสงสว่าง	-1.3 ± 0.5	0.3 ± 0.5	0.0 ± 0.0
3. ระดับเสียง	2.1 ± 0.3	2.7 ± 0.5	3.0 ± 0.0

ที่มา : จากตารางที่ ฉ.1 ถึงตารางที่ ฉ.3 ในภาคผนวก ฉ.

จากตารางที่ 4.3 แสดงให้เห็นว่า ในหน่วยงานควบคุมเตาหลอมและหน่วยงานเทน้ำเหล็กนั้นมีความร้อนอยู่ในระดับร้อน แต่ในหน่วยงานประทับตัวเลขฯ นั้น อยู่ในระดับปกติ จากการทดสอบค่าทางสถิติโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน พบว่า หน่วยงานที่ต่างกันจะมีระดับความร้อนที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($\alpha = 0.05$) แสดงได้ดังตารางที่ ค.7 ในภาคผนวก ค.

เมื่อทำการทดสอบพหุพิสัยดันแคน พบว่า ในหน่วยงานควบคุมเตาหลอมมีระดับความร้อนอยู่ในกลุ่มเดียวกับหน่วยงานเทน้ำเหล็กและแตกต่างจากหน่วยงานประทับตัวเลขฯ แสดงได้ดังตารางที่ ค.8 ในภาคผนวก ค. ซึ่งผลจากการประเมินวิธีที่ได้นี้สอดคล้องกับการวัดผลโดยใช้เครื่องมือตรวจวัดสภาพความร้อนและปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับความร้อนของแต่ละหน่วยงาน

จากการประเมินสภาพความร้อนโดยใช้สองวิธีนี้ทำให้สามารถจัดแบ่งกลุ่มหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับความร้อนออกได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ๆ กลุ่มแรกคือกลุ่มหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับความร้อนซึ่งมีความร้อนอยู่ในระดับร้อน อันได้แก่ หน่วยงานควบคุมเตาหลอมและหน่วยงานเทน้ำเหล็ก และกลุ่มที่สองคือกลุ่มหน่วยงานที่ไม่เกี่ยวข้องกับความร้อนซึ่งมีความร้อนอยู่ในระดับปกติ ได้แก่ หน่วยงานประทับตัวเลขบนแบบหล่อทราย

สภาพความร้อนที่เกิดขึ้นกับสองหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับความร้อนนั้นแตกต่างกันแต่พนักงานในสองหน่วยงานมีความรู้สึกต่อสภาพความร้อนว่าอยู่ในระดับเดียวกันนั้น ทั้งนี้เนื่องจากมีปัจจัยอื่นที่เข้ามาเกี่ยวข้องกับภาระความร้อนที่ร่างกายได้รับตลอดช่วงการทำงาน อันได้แก่ ความเร็วลมในสถานที่ทำงาน การจัดการสภาพงาน ระบบการทำงานและการพัก จึงทำให้

พนักงานควบคุมเตาหลอมมีภาระงานที่ไม่หนักเกินไปและได้รับภาระความร้อนที่ไม่สูงมากเมื่อเทียบกับหน่วยงานเทน้ำเหล็ก ถึงแม้ว่าในหน่วยงานควบคุมเตาหลอมนั้นมีสภาพความร้อนในสถานที่ทำงานที่สูงกว่าในหน่วยงานเทน้ำเหล็กก็ตาม แสดงให้เห็นว่าในหน่วยงานนี้มีการจัดการภาระความร้อนได้ดีกว่าในหน่วยงานเทน้ำเหล็กอันทำให้เกิดกระบวนการถ่ายเทความร้อนที่ดี ซึ่งอธิบายได้ดังนี้คือ

1) หน่วยงานควบคุมเตาหลอมมีความเร็วลมในบริเวณสถานที่ทำงานสูงกว่าในหน่วยงานเทน้ำเหล็ก รวมถึงมีการใช้พัดลมเป่าตัวผู้ปฏิบัติงานในขณะปฏิบัติงานโดยตรงซึ่งต่างจากในหน่วยงานเทน้ำเหล็กที่มีท่อเป่าลมเย็นติดตั้งคงที่ไม่สามารถเป่าตัวผู้ปฏิบัติงานได้ตลอดเวลาทำงาน เนื่องจากแต่ละท่อนั้นห่างกัน 3.50 เมตร จึงไม่สามารถให้ลมเย็นครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมดได้ ด้วยเหตุนี้ในหน่วยงานควบคุมเตาหลอมจึงมีการไหลของอากาศในปริมาณมากซึ่งทำให้เกิดกระบวนการพาความร้อนและการระเหยของเหงื่อได้ดี ร่างกายจึงสามารถถ่ายเทความร้อนออกไปจากร่างกายได้อย่างรวดเร็ว

2) หน่วยงานควบคุมเตาหลอมมีการหยุดพักในห้องปรับอากาศซึ่งมีอุณหภูมิสภาพแวดล้อมที่ต่ำกว่าอุณหภูมิร่างกายทำให้ร่างกายสามารถถ่ายเทความร้อนโดยกระบวนการพาและการแผ่รังสีความร้อนออกจากร่างกายได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งแตกต่างจากในหน่วยงานเทน้ำเหล็กที่ต้องสัมผัสกับความร้อนตลอดเวลาจึงมีอุณหภูมิร่างกายใกล้เคียงกับอุณหภูมิของสภาพแวดล้อมทำให้กระบวนการถ่ายเทความร้อนออกจากร่างกายนั้นเกิดขึ้นไม่ดี

3) หน่วยงานควบคุมเตาหลอมมีการหยุดพักเป็นช่วงๆ ในระหว่างการทำงาน โดยการหยุดพักในรอบการทำงานหนึ่งๆ นั้นเป็น 22.5% ของระยะเวลาทำงานทั้งหมด ซึ่งแตกต่างจากในหน่วยงานเทน้ำเหล็กที่รอบการทำงานหนึ่งๆ นั้นต้องทำงานต่อเนื่องไม่มีการหยุดพักเป็นช่วงๆ ในระหว่างทำงาน ข้อดีของการได้หยุดพักก็คือการที่ร่างกายมีการใช้พลังงานต่ำอันทำให้เกิดความร้อนจากกระบวนการเผาผลาญสารอาหารในร่างกายต่ำ ในช่วงการพักนี้จึงมีภาระความร้อนที่เกิดจากการทำงานต่ำจึงไม่ไปเพิ่มภาระความร้อนให้กับร่างกาย ฉะนั้นในช่วงนี้ร่างกายจึงสามารถกำจัดความร้อนที่สะสมภายในร่างกายจากช่วงทำงานก่อนหน้านั้นให้ลดลงได้อย่างรวดเร็ว ส่วนในหน่วยงานเทน้ำเหล็กนั้นเห็นได้ว่าภาระความร้อนที่เกิดขึ้นมีทั้งภาระความร้อนที่เกิดจากการทำงานและจากสภาพความร้อนในบริเวณสถานที่ทำงานร่วมกันโดนไม่มีการพักในระหว่างการทำงาน ร่างกายจึงสะสมความร้อนไว้ตลอดช่วงการทำงานโดยที่ร่างกายไม่สามารถที่จะกำจัดออกไปได้อย่างรวดเร็วในขณะทำงาน

4) หน่วยงานควบคุมเตาหลอมมีช่วงกิจกรรมที่ไม่ต้องสัมผัสกับความร้อนในสถานที่ทำงาน เช่น กิจกรรมการชั่งเตรียมสารเติมแต่ง กิจกรรมการขนย้ายสารเติมแต่งและกิจกรรมการเดินส่งเอกสาร เป็นต้น โดยในช่วงกิจกรรมดังกล่าวนี้คิดเป็น 30.3% ของระยะเวลาทำงานทั้งหมด ซึ่งแตกต่างจากกิจกรรมการทำงานของหน่วยงานเทน้ำเหล็กที่ต้องสัมผัสกับความร้อนในสถานที่ทำงานตลอดเวลา ในช่วงที่ทำงานโดยไม่ได้สัมผัสกับความร้อนในสถานที่ทำงานนั้นทำให้ร่างกายได้รับภาระความร้อนจากการทำงานที่สูงเท่านั้น ส่วนภาระความร้อนจากสภาวะความร้อนในบริเวณสถานที่ทำงานนั้นมีน้อยมาก เพราะฉะนั้นภาระความร้อนที่เกิดขึ้นร่วมกันจึงไม่สูงมากเกินไปที่ร่างกายจะสามารถกำจัดให้ลดลงได้

ด้วยเหตุผลที่ได้กล่าวมาข้างต้นนี้จึงมีส่วนทำให้การสะสมความร้อนภายในร่างกายของพนักงานควบคุมเตาหลอมนั้นน้อยกว่าและมีการถ่ายเทความร้อนได้ดีกว่าในพนักงานเทน้ำเหล็ก ดังจะเห็นได้จากการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิทางปากและอุณหภูมิของผิวหนังของพนักงานควบคุมเตาหลอมน้อยกว่าของพนักงานเทน้ำเหล็ก ถึงแม้ว่าภาระงานของหน่วยงานควบคุมเตาหลอมนั้นจะมากกว่าในหน่วยงานเทน้ำเหล็กก็ตาม

จากการประเมินดัชนีอุณหภูมิกระเปาะดำเปียก (WBGT) กับการใช้พลังงานในการทำงานของพนักงานทั้งสามหน่วยงานตามมาตรฐานของ OSHA (1974) พบว่า ทุกหน่วยงานไม่มีค่าเกินเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ แสดงให้เห็นว่า ภาระความร้อนที่เกิดขึ้นในแต่ละหน่วยงานนั้นไม่มากจนเกินไปที่จะก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพของคนงาน

การประเมินภาระงานภายใน

ในการประเมินภาระงานภายในนั้นไม่สามารถประเมินผลจากภาระงานได้โดยตรง สิ่งที่วัดผลได้นั้นมิใช่ภาระงานภายในที่เกิดขึ้นจากการทำงานจริง แต่สามารถวัดผลได้โดยอ้อมจากการประเมินผลการตอบสนองทางสรีรวิทยาและการใช้แบบสอบถามทางจิตวิสัย ในการประเมินภาระงานภายในนั้นสามารถทำการตรวจวัดการตอบสนองทางสรีรวิทยา อันได้แก่ กำลังสถิตของกล้ามเนื้อมือ อุณหภูมิทางปาก อุณหภูมิของผิวหนัง อัตราการเต้นของหัวใจ อัตราการใช้ออกซิเจน การใช้พลังงานของพนักงานและคลื่นไฟฟ้าของกล้ามเนื้อหลังส่วนล่าง ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1. การทดสอบกำลังสถิตของกล้ามเนื้อมือในช่วงก่อนและหลังทำงาน

ผู้ถูกทดสอบในสามหน่วยงานถูกทำการทดสอบเพื่อหาความแตกต่างของกำลังสถิตของกล้ามเนื้อมือขวาและซ้ายในช่วงก่อนและหลังทำงาน ซึ่งผลจากการทดสอบที่ได้ในช่วงก่อนและหลังการทำงานนั้นจะนำมาทำการเปรียบเทียบโดยใช้วิธีการทางสถิติเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (α = 0.05) ในช่วงก่อนและหลังการทำงานของแต่ละหน่วยงาน สามารถแสดงกำลังสถิตของกล้ามเนื้อมือขวาและมือซ้ายโดยเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานในช่วงก่อน-หลังทำงานของแต่ละหน่วยงานแสดงได้ดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกำลังสถิตของกล้ามเนื้อมือขวาและซ้าย

ช่วงเวลา	ควบคุมเตาหลอม		เทน้ำเหล็ก		ประทับตัวเลขฯ	
	มือขวา	มือซ้าย	มือขวา	มือซ้าย	มือขวา	มือซ้าย
ก่อนการทำงาน	36.7 ± 4.9	33.1 ± 3.1	36.2 ± 5.1	36.2 ± 5.1	31.2 ± 2.5	32.7 ± 4.0
หลังการทำงาน	38.5 ± 4.7	34.4 ± 4.9	36.9 ± 5.3	36.2 ± 5.2	30.8 ± 2.2	32.5 ± 2.5

ที่มา : จากตารางที่ ฉ.4 ในภาคผนวก ฉ.

จากการทดสอบค่าทางสถิติ พบว่า ในช่วงเวลาก่อนและหลังการทำงานที่ต่างกันไม่มีผลทำให้กำลังสถิตของกล้ามเนื้อมือแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (α = 0.05) แสดงได้ดังตารางที่ ง.1 (มือขวา) และตารางที่ ง.2 (มือซ้าย) ในภาคผนวก ง. ทั้งนี้เนื่องมาจากการทดสอบกำลังสถิตของกล้ามเนื้อมือนั้นเป็นการทดสอบการใช้งานของกล้ามเนื้อชุดเล็ก ซึ่งไม่เกี่ยวข้องกับกล้ามเนื้อชุดใหญ่ที่ร่างกายใช้ทำงาน ในการทดสอบกำลังสถิตของกล้ามเนื้อมือจึงมิใช่ตัวบ่งชี้ความล้าที่เกิดขึ้นกับร่างกายได้

2. การทดสอบการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิทางปากและอุณหภูมิผิวหนังช่วงก่อน-หลังทำงาน

อุณหภูมิทางปากและอุณหภูมิผิวหนังของพนักงานในแต่ละหน่วยงานถูกวัดในช่วงก่อนและหลังการทำงานโดยใช้เครื่องมือวัด สิ่งที่เราต้องการศึกษา คือ อุณหภูมิทางปากและอุณหภูมิของผิวหนังในช่วงก่อนและหลังทำงานของพนักงานมีความแตกต่างกันมากน้อยเพียงใด ฉะนั้นในการทดสอบนี้จึงมุ่งไปที่การทดสอบการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิทางปากและอุณหภูมิของผิวหนังในช่วงหลังทำงานว่าจะมากกว่าก่อนทำงานเพียงใด โดยสามารถสรุปผลความแตกต่างของอุณหภูมิทางปากและอุณหภูมิของผิวหนังในช่วงก่อนและหลังทำงานโดยเฉลี่ยได้ดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิทางปาก และอุณหภูมิของผิวหนัง

หน่วยงาน	ควบคุมเตาหลอม	เทน้ำเหล็ก	ประทับตัวเลขฯ
1. การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิทางปาก	0.1 ± 0.1	0.2 ± 0.2	-0.1 ± 0.2
2. การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิผิวหนัง	0.8 ± 0.5	1.7 ± 0.8	0.4 ± 0.3

ที่มา : จากตารางที่ ฉ.5 ในภาคผนวก ฉ.

จากการทดสอบค่าทางสถิติโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวน แสดงได้ในตารางที่ ง.3 (อุณหภูมิทางปาก) และตารางที่ ง.5 (อุณหภูมิผิวหนัง) ในภาคผนวก ง. พบว่า หน่วยงานที่ต่างกันจะมีการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิทางปากและอุณหภูมิของผิวหนังต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($\alpha = 0.05$)

เมื่อทำการทดสอบพหุพิสัยดันแคน สามารถจัดเรียงกลุ่มหน่วยงานตามลำดับมากน้อยของการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิทางปากและอุณหภูมิของผิวหนังตามลำดับได้ดังนี้ คือ หน่วยงานเทน้ำเหล็ก หน่วยงานควบคุมเตาหลอมและหน่วยงานประทับตัวเลขฯ ตามลำดับ ดังแสดงได้ในตารางที่ ง.4 (อุณหภูมิทางปาก) และตารางที่ ง.6 (อุณหภูมิผิวหนัง) ในภาคผนวก ง.

จากการทดสอบพบว่าพนักงานเทน้ำเหล็กมีการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิทางปากและอุณหภูมิของผิวหนังสูงกว่าพนักงานควบคุมเตาหลอม ทั้งนี้เนื่องจาก 1) พนักงานเทน้ำเหล็กต้องทำงานอยู่ในบริเวณสถานที่ที่ต้องสัมผัสกับสภาพความร้อนอยู่ตลอดเวลา โดยมีลักษณะการทำงานเป็นลักษณะที่ต้องทำงานต่อเนื่องจนเสร็จในรอบหนึ่งๆ ไม่มีเวลาหยุดพักในระหว่างการทำงานก่อให้เกิดภาระความร้อนที่สูงอยู่ตลอดเวลา ภาระความร้อนที่เกิดขึ้นเป็นภาระความร้อนจากสภาพความร้อนในสถานที่ทำงานและจากการทำงานร่วมกัน ซึ่งแตกต่างจากหน่วยงานควบคุมเตาหลอมที่มีช่วงเวลาหยุดพักทำให้เกิดภาระความร้อนจากการทำงานน้อย ความร้อนที่สะสมในช่วงทำงานก่อนหน้าช่วงพักจึงสามารถถูกกำจัดออกไปได้อย่างรวดเร็ว, 2) ไม่มีห้องปรับอากาศให้พนักงานพักในระหว่างการทำงานทำให้อุณหภูมิร่างกายใกล้เคียงกับอุณหภูมิสภาพแวดล้อมจึงทำให้กระบวนการถ่ายเทความร้อนออกจากร่างกายเป็นไปไม่ดี ซึ่งแตกต่างจากหน่วยงานควบคุมเตาหลอมที่มีการพักในห้องปรับอากาศซึ่งมีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิร่างกายทำให้กระบวนการพาและการแผ่รังสีความร้อนเป็นไปอย่างรวดเร็ว, และ 3) มีความเร็วลมในบริเวณสถานที่ทำงานต่ำและไม่ครอบคลุมพื้นที่ทำงานทั้งหมดทำให้กระบวนการพาความร้อนและการระเหยของเหงื่อนั้นเกิดขึ้นได้ช้ากว่าในหน่วยงานควบคุมเตาหลอมที่มีความเร็วลมสูงและมีพัดลมเป่าที่ตัวผู้ปฏิบัติงาน

ในขณะที่ทำงาน ด้วยปัจจัยดังกล่าวเหล่านี้จึงส่งผลให้เกิดการสะสมความร้อนไว้ในร่างกายมาก ส่วนหนึ่งที่อุณหภูมิของผิวหนังเพิ่มสูงขึ้นนั้นมาจากการที่ร่างกายต้องหมุนเวียนเลือดที่รับเอาความร้อนจากภายในร่างกายถ่ายเทออกมาสู่ภายนอกและการที่อุณภูมิทางปากเพิ่มสูงขึ้นก็แสดงว่าภายในร่างกายเกิดการสะสมความร้อนมากขึ้น (โดยอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น 1°C ก่อให้เกิดการสะสมความร้อนเพิ่มขึ้น 0.83 กิโลแคลอรีต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม)

3. การเพิ่มขึ้นของอัตราการเต้นของหัวใจในขณะทำงาน

การเพิ่มขึ้นของอัตราการเต้นของหัวใจในขณะทำงานจากในขณะพัก (DHR) เป็นการตอบสนองทางด้านสรีรวิทยาของอัตราการเต้นของหัวใจของพนักงานในแต่ละหน่วยงาน เมื่อพิจารณาถึงเกณฑ์มาตรฐานการทำงานที่ใช้การเต้นของหัวใจเป็นดัชนีที่คำนวณได้จากการเพิ่มขึ้นของอัตราการเต้นของหัวใจในขณะทำงานจากในขณะพักเทียบกับความสามารถของที่บุคคลจะทำงานได้มากที่สุดเมื่ออัตราการเต้นของหัวใจเพิ่มขึ้นจากในขณะพักไม่เกิน 1 ใน 3 ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด (220-อายุ) (Bonjer, 1962 และ Bink, 1962) ค่านี้เรียกว่า %HRW หรือการเพิ่มขึ้นของอัตราการเต้นของหัวใจในขณะทำงานเป็นร้อยละ ซึ่งมีสูตรการคำนวณดังนี้

$$\%HRW = \frac{DHR * 100}{(1 / 3) * [220 - Age]}$$

เมื่อ DHR คือ การเพิ่มขึ้นของอัตราการเต้นของหัวใจในขณะทำงาน
จากในขณะพัก ซึ่งเท่ากับ WHR - HRR
WHR คือ อัตราการเต้นของหัวใจโดยเฉลี่ยในช่วงทำงาน (ครั้ง/นาที)
HRR คือ อัตราการเต้นของหัวใจโดยเฉลี่ยในขณะพักก่อนเข้าทำงาน (ครั้ง/นาที)
Age คือ อายุของบุคคลนั้น

ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการเพิ่มขึ้นของอัตราการเต้นของหัวใจในขณะทำงานจากในขณะพัก (DHR) และการเพิ่มขึ้นของอัตราการเต้นของหัวใจในขณะทำงานเป็นร้อยละ (%HRW) ของแต่ละหน่วยงาน แสดงได้ดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการเพิ่มขึ้นของอัตราการเต้นของหัวใจในขณะทำงานจากในขณะพัก (DHR) และของการเพิ่มขึ้นของอัตราการเต้นของหัวใจในขณะทำงานเป็นร้อยละ (%HRW)

หน่วยงาน	ควบคุมเตาหลอม	เทน้ำเหล็ก	ประทับตัวเลขฯ
1. DHR	25.3 ± 7.7	18.8 ± 5.3	11.8 ± 2.9
2. %HRW	39.8 ± 12.0	28.2 ± 7.9	18.3 ± 4.2

ที่มา : จากตารางที่ จ.5 ในภาคผนวก จ.

เมื่อนำมาทดสอบค่าทางสถิติโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวน พบว่า หน่วยงานต่างกันจะมีการเพิ่มขึ้นของอัตราการเต้นของหัวใจในขณะทำงานจากในขณะพัก (DHR) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($\alpha = 0.05$) ดังแสดงได้ในตารางที่ ง.7 ในภาคผนวก ง. และเมื่อทำการจัดแบ่งกลุ่มหน่วยงานโดยใช้การทดสอบพหุพิสัยดันแคนเพื่อให้เห็นความแตกต่างได้ชัดเจนยิ่งขึ้นสามารถจัดเรียงกลุ่มหน่วยงานที่มีค่า DHR จากมากไปน้อยได้ดังนี้ คือ หน่วยงานควบคุมเตาหลอม หน่วยงานเทน้ำเหล็กและหน่วยงานประทับตัวเลขฯ ตามลำดับ แสดงได้ในตารางที่ ง.8 ในภาคผนวก ง.

การประเมินการตอบสนองทางสรีรวิทยาโดยใช้การเพิ่มขึ้นของอัตราการเต้นของหัวใจในขณะทำงานจากในขณะพัก (DHR) นั้นเป็นการประเมินระดับของภาระงานและความเครียดทางสรีรวิทยาจากความร้อนที่แตกต่างกัน จากผลการทดสอบที่ได้พบว่าในหน่วยงานควบคุมเตาหลอมนั้นมีการเพิ่มขึ้นของอัตราการเต้นของหัวใจในขณะทำงานจากในขณะพัก (DHR) มากกว่าในหน่วยงานอื่น ทั้งนี้เนื่องจากในกิจกรรมการทำงานในหน่วยงานนี้มีการใช้งานของกลุ่มกล้ามเนื้อใหญ่จำนวนมาก เช่น กล้ามเนื้อขา กล้ามเนื้อแขน กล้ามเนื้อลำตัวและกล้ามเนื้อหลัง เป็นต้น ดังจะเห็นได้จากมีการใช้งานกล้ามเนื้อหลังส่วนล่าง (%Sub-MVE) สูงกว่าหน่วยงานอื่น โดยกล้ามเนื้อเหล่านี้ถูกใช้งานอย่างหนักในช่วงกิจกรรมการขนย้ายสารเติมแต่งและการตักกากน้ำเหล็ก ซึ่งภาระงานที่หนักในช่วงดังกล่าวนี้มีผลทำให้มีการใช้ออกซิเจนเพื่อสันดาปให้เกิดพลังงานสูง อันเป็นผลให้หัวใจมีอัตราการเต้นที่สูงเพื่อสูบฉีดเลือดที่ลำเลียงออกซิเจนเข้าไปสันดาปกับสารอาหารแล้วเกิดพลังงาน ฉะนั้นในหน่วยงานนี้จึงมีทั้งอัตราการเต้นของหัวใจและอัตราการใช้ออกซิเจนที่สูงซึ่งก่อให้เกิดการใช้พลังงานที่สูงขึ้นด้วย ดังงานวิจัยของ Davies, di Prampero และ Carretelli (1972) ซึ่งพบว่าอัตราการเต้นของหัวใจนั้นมีส่วนสัมพันธ์กับการใช้ออกซิเจนในกระบวนการเผาผลาญสารอาหารเพื่อก่อให้เกิดพลังงานให้กับร่างกาย และงานวิจัยของ Lind และ Petrofsky

(1976) พบว่าภาระงานที่เกิดจากการยกของมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นจะทำให้มีอัตราการเต้นของหัวใจและอัตราการใช้ออกซิเจน (VO_2) เพิ่มขึ้น (Wassermann,1982)

นอกจากนี้ในหน่วยงานควบคุมเตาหลอมยังมีกิจกรรมที่ต้องสัมผัสกับความร้อนสูงในสถานที่ทำงานและมีภาระงานที่หนักอันทำให้อุณหภูมิร่างกายในขณะทำงานสูงขึ้น ร่างกายจึงพยายามกำจัดความร้อนในส่วนนี้ให้ลดลงโดยร่างกายจะเพิ่มอัตราการเต้นของหัวใจให้สูงขึ้นเพื่อนำพาความร้อนที่สะสมอยู่ภายในร่างกายให้ออกมาสู่สภาพแวดล้อมภายนอก (Masafumi Torii et al., 1986 และ Nielsen, 1990) แต่เหตุที่การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิทางปากและอุณหภูมิผิวหนังช่วงก่อนและหลังทำงานของหน่วยงานนี้ต่ำกว่าในหน่วยงานเทน้ำเหล็กนั้นก็เนื่องมาจากปัจจัยต่างๆ ที่ได้กล่าวมาข้างต้น อันได้แก่ ความเร็วลมที่สูง การพักในระหว่างทำงาน การพักในห้องปรับอากาศ และมีบางกิจกรรมที่ไม่ต้องสัมผัสกับความร้อนสูง จึงทำให้พนักงานในหน่วยงานนี้มีการถ่ายเทความร้อนออกจากร่างกายที่ดีกว่าทำให้อุณหภูมิทางปากและอุณหภูมิผิวหนังช่วงหลังทำงานเพิ่มจากก่อนทำงานไม่สูงมาก อันแสดงถึงการจัดการภาระความร้อนที่มีประสิทธิภาพ จากการเปรียบเทียบการเพิ่มขึ้นของอัตราการเต้นของหัวใจในขณะทำงาน (DHR) จากในขณะพักของหน่วยงานเทน้ำเหล็กกับหน่วยงานประทับตัวเลขฯ นั้นพบว่าถึงแม้ว่ากิจกรรมทั้งสองจะมีภาระงานที่ใกล้เคียงกัน (มี $\%VO_2max$ และการใช้พลังงานที่ใกล้เคียงกัน) แต่เนื่องจากงานทั้งสองมีความแตกต่างกันในสภาพความร้อนจึงทำให้มีการเพิ่มขึ้นของอัตราการเต้นของหัวใจในขณะทำงานจากในขณะพัก (DHR) ต่างกัน การที่พนักงานเทน้ำเหล็กมีการเพิ่มขึ้นของอัตราการเต้นของหัวใจที่สูงกว่าพนักงานประทับตัวเลขฯ นั้นเนื่องจาก งานเทน้ำเหล็กเป็นงานที่ต้องสัมผัสกับความร้อนที่สูงในสถานที่ทำงานอยู่ตลอดเวลาทำให้ร่างกายมีการสะสมความร้อนไว้ภายในร่างกาย ร่างกายจึงพยายามที่จะถ่ายเทความร้อนที่สะสมอยู่นี้ออกสู่สภาพแวดล้อมภายนอกโดยใช้เลือดเป็นตัวนำพาความร้อนจากภายในมาสู่ผิวหนังแล้วหลังจากนั้นจึงเกิดกระบวนการแลกเปลี่ยนความร้อนกับสภาพแวดล้อมภายนอกต่อไป โดยสภาพความร้อนที่สูงในหน่วยงานเทน้ำเหล็กนั้นเป็นตัวเร่งให้มีการถ่ายเทความร้อนออกจากร่างกายเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วจึงทำให้มีการสูบฉีดเลือดให้มากและแรงเพื่อให้เลือดสามารถนำพาเอาความร้อนออกจากภายในร่างกายสู่ผิวหนังได้อย่างรวดเร็วอันทำให้อัตราการเต้นของหัวใจเพิ่มขึ้นตาม ในส่วนของสภาพความร้อนมีผลต่อสัดส่วนร้อยละของการใช้ออกซิเจนสูงสุด ($\%VO_2max$) นั้นน้อยมาก ทั้งนี้เนื่องจากภาระงานของทั้งสองหน่วยงานอยู่ในระดับเบา และการถ่ายเทความร้อนโดยการหายใจเข้า-ออกเพื่อระบายความร้อนนั้นเกิดขึ้นเพียงเล็กน้อยเท่านั้น (2%) เมื่อเทียบกับกระบวนการถ่ายเทความร้อนโดยวิธีอื่น

จากการประเมินเกณฑ์มาตรฐานการทำงานเมื่อใช้การเต้นของหัวใจเป็นดัชนีในตารางที่ ญ.1 (Intaranont และ Vanwontaghem, 1993) ในภาคผนวก ญ. สามารถสรุปได้ว่า งานควบคุมเตาหลอมนั้นเป็นงานระดับปานกลาง (30<%HRW<60) ซึ่งมี DHR ไม่เกิน 44 ครั้ง/นาที ฉะนั้นจึงอยู่ในเกณฑ์ที่ปลอดภัย ส่วนงานเทน้ำเหล็กและงานประทับตัวเลขฯ นั้นจัดเป็นงานระดับเบา (%HRW < 30) ซึ่งมีค่า DHR ไม่เกิน 34 ครั้ง/นาที ฉะนั้นจึงอยู่ในเกณฑ์ที่ปลอดภัย สรุปได้ว่า ภาระงานของแต่ละหน่วยงานนั้นไม่หนักจนเกินไป สามารถทำงานได้อย่างปลอดภัย

4. <u>สัดส่วนร้อยละของการใช้ออกซิเจนและสัดส่วนร้อยละของคลื่นไฟฟ้าของกล้ามเนื้อหลังส่วนล่างสูงสุด</u>

การทดสอบสัดส่วนร้อยละของการใช้ออกซิเจนสูงสุด (%VO_2max) นั้นเป็นการทดสอบอัตราการใช้ออกซิเจนในขณะทำงานเทียบกับอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดของแต่ละบุคคล ใช้สำหรับการประเมินความหนักเบาของงานและภาระงานได้

สำหรับการทดสอบสัดส่วนร้อยละของคลื่นไฟฟ้าของกล้ามเนื้อหลังส่วนล่างสูงสุดหรือ %Sub-MVE นั้นจะใช้สำหรับประเมินระดับความล้าของกล้ามเนื้อเฉพาะจุดหรือภาระที่กล้ามเนื้อหลังส่วนล่างได้รับ ในงานวิจัยครั้งนี้จะใช้กล้ามเนื้อหลังส่วนล่าง (L5/S1 disc) ในการทดสอบสัดส่วนร้อยละของคลื่นไฟฟ้าของกล้ามเนื้อหลังส่วนล่างสูงสุดโดยใช้กล้ามเนื้อทั้งสองด้านทั้งด้านขวา (%Sub-MVE Right) และด้านซ้าย (%Sub-MVE Left) สามารถแสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของสัดส่วนทั้งสองได้ดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของสัดส่วนร้อยละของการใช้ออกซิเจนและสัดส่วนร้อยละของคลื่นไฟฟ้าของกล้ามเนื้อหลังส่วนล่างสูงสุด

หน่วยงาน	ควบคุมเตาหลอม	เทน้ำเหล็ก	ประทับตัวเลขฯ
%VO_2max	31.6 ± 6.0	24.0 ± 4.8	19.5 ± 4.8
%Sub-MVE Right	28.4 ± 15.6	8.9 ± 3.2	22.6 ± 3.3
%Sub-MVE Left	42.1 ± 26.7	7.9 ± 6.0	25.7 ± 2.1

ที่มา : จากตารางที่ ฉ.5 ในภาคผนวก ฉ.

การวิเคราะห์ความแปรปรวน (α = 0.05) และการทดสอบพหุพิสัยดันแคนของสัดส่วนทั้งสองดังกล่าวนั้น สามารถสรุปโดยแยกหัวข้อได้ดังนี้

4.1 สัดส่วนร้อยละของการใช้ออกซิเจนสูงสุด (%VO_2max)

จากการทดสอบความสามารถของผู้ถูกทดสอบในการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_2max) นั้น พบว่า มีค่าอยู่ระหว่าง 34.1 ถึง 50.4 มิลลิลิตร/กิโลกรัม-นาที เมื่อพิจารณาตามเกณฑ์ของ Kamon และ Ayoub (1976) ซึ่งสรุปได้ว่า หาก VO_2max <25 มิลลิลิตร/กิโลกรัม-นาที แสดงว่ามีความสามารถในการใช้ออกซิเจนระดับต่ำ, 26< VO_2max <33 มิลลิลิตร/กิโลกรัม-นาที แสดงว่ามีความสามารถในการใช้ออกซิเจนระดับพอใช้, 34< VO_2max <42 มิลลิลิตร/กิโลกรัม-นาที แสดงว่ามีความสามารถในการใช้ออกซิเจนระดับปกติ, 43< VO_2max <52 มิลลิลิตร/กิโลกรัม-นาที แสดงว่ามีความสามารถในการใช้ออกซิเจนระดับดี และ VO_2max >53 มิลลิลิตร/กิโลกรัม-นาที แสดงว่ามีความสามารถในการใช้ออกซิเจนระดับสูง จากการทดสอบพนักงานทั้งหมดในตารางที่ ฉ.14 ถึงตารางที่ ฉ.16 ในภาคผนวก ฉ. สรุปได้ว่า ผู้ถูกทดสอบเป็นผู้ที่มีความสามารถในการใช้ออกซิเจนอยู่ในระดับปกติ 4 คน และระดับดี 5 คน

จากการทดสอบค่าทางสถิติโดยใช้วิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวน พบว่า หน่วยงานที่แตกต่างกันจะมีสัดส่วนร้อยละของการใช้ออกซิเจนสูงสุดที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (α = 0.05) แสดงได้ดังตารางที่ ง.9 ในภาคผนวก ง. และเมื่อทำการจัดแบ่งกลุ่มหน่วยงานตามลำดับมากไปน้อยโดยใช้การทดสอบพหุพิสัยดันแคนพบว่าหน่วยงานควบคุมเตาหลอมมีค่าสูงสุด รองลงมาคือหน่วยงานเทน้ำเหล็กกับหน่วยงานประทับตัวเลขฯ ซึ่งอยู่ในกลุ่มเดียวกัน ดังตารางที่ ง.10 ในภาคผนวก ง. สรุปได้ว่า ภาระงานของหน่วยงานควบคุมเตาหลอมมากที่สุด รองลงมา คือ หน่วยงานเทน้ำเหล็กและหน่วยงานประทับตัวเลขฯ ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าภาระงานของหน่วยงานควบคุมเตาหลอมนั้นมากกว่าหน่วยงานอื่นทั้งนี้เนื่องจากในหน่วยงานนี้มีการใช้งานของกล้ามเนื้อใหญ่จำนวนมากในกิจกรรมการทำงาน เช่น กิจกรรมการขนย้ายสารเติมแต่ง กิจกรรมการเดินและกิจกรรมการตักกากน้ำเหล็ก เป็นต้น ทำให้ร่างกายต้องการใช้ออกซิเจนปริมาณมากมาสันดาปกับสารอาหารเพื่อก่อให้เกิดพลังงานจำนวนมากนำมาใช้งานในกิจกรรมดังกล่าวเหล่านี้ ฉะนั้นในหน่วยงานนี้จึงมีสัดส่วนร้อยละของการใช้ออกซิเจนสูงสุด (%VO_2max) ที่มากกว่าในหน่วยงานอื่น ส่วนในหน่วยงานเทน้ำเหล็กและหน่วยงานประทับตัวเลขฯ นั้นมีสัดส่วนร้อยละของการใช้ออกซิเจนสูงสุด (%VO_2max) และการใช้พลังงานที่ใกล้เคียงกัน เนื่องจากทั้งสองหน่วยงานมีภาระงานที่ใกล้เคียงกัน ส่วนในการวัดภาระของกล้ามเนื้อหลังส่วนล่าง (%Sub-MVE) ของหน่วยงานทั้งสองได้ผลการทดสอบที่แตกต่างกันนั้นเนื่องมาจากหน่วยงานทั้งสองมีการใช้งานชุดกล้ามเนื้อที่แตกต่างกัน โดยในงานเทน้ำเหล็กนั้นมีการใช้งานกล้ามเนื้อหลังส่วนล่างน้อยแต่มีการใช้งานกลุ่มกล้ามเนื้อขาในกิจกรรมการเดินเทน้ำเหล็กมาก แต่สำหรับงานในหน่วยงานประทับตัว

เลขฯ นั้นมีการใช้งานของกล้ามเนื้อหลังส่วนล่างมากในการก้มตัวลงประทับตัวเลขบนแบบหล่อทรายจึงทำให้มี %Sub-MVE ที่สูงกว่า จากการศึกษาทำให้ทราบได้ว่าภาระงานของทั้งสองหน่วยงานนั้นใกล้เคียงกันและอยู่ในระดับเบา

จากงานวิจัยของ Astrand และ Rodahl (1977) ที่ทำการศึกษา $\%VO_2max$ ที่ปลอดภัยสำหรับการทำงาน 8 ชั่วโมง จะอยู่ในช่วง 30% ถึง 40% ของความสามารถสูงสุดในการทำงาน ในงานวิจัยนี้พบว่ามีค่าไม่เกินช่วงมาตรฐานความปลอดภัยดังกล่าว จึงสรุปว่าไม่มีภาระงานของหน่วยงานใดที่หนักเกินเกณฑ์ความปลอดภัยและงานของแต่ละหน่วยงานไม่หนักจนเกินไป สามารถทำงานได้ต่อเนื่องตลอดวัน

4.2 สัดส่วนร้อยละของคลื่นไฟฟ้าของกล้ามเนื้อหลังส่วนล่างสูงสุด (%Sub-MVE)

การทดสอบนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินภาระของกล้ามเนื้อหลังส่วนล่างในขณะทำงานกับในสภาวะสูงสุด จากการทดสอบทางสถิติ พบว่า หน่วยงานที่แตกต่างกันจะมีสัดส่วนร้อยละของคลื่นไฟฟ้าของกล้ามเนื้อหลังส่วนล่างที่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (α = 0.05) ดังแสดงได้ในตารางที่ ง.11 (%Sub-MVE Right) และตารางที่ ง.13 (%Sub-MVE Left) ในภาคผนวก ง. และเมื่อทำการทดสอบพหุพิสัยดันแคน สามารถแบ่งกลุ่มตามลำดับมากไปน้อยได้ดังนี้ คือ หน่วยงานควบคุมเตาหลอม หน่วยงานประทับตัวเลขฯ และหน่วยงานเทน้ำเหล็ก ตามลำดับ ดังแสดงได้ในตารางที่ ง.12 (%Sub-MVE Right) และตารางที่ ง.13 (%Sub-MVE Left) ในภาคผนวก ง.

การที่สัดส่วนร้อยละของคลื่นไฟฟ้าของกล้ามเนื้อหลังส่วนล่างสูงสุดอยู่ในระดับสูงนั้นถือว่ามีความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บที่หลัง จากเกณฑ์มาตรฐานความปลอดภัยที่เสนอโดยอำนาจ เสตสุวรรณ (2537) ที่กล่าวถึง ระดับความปลอดภัยของสัดส่วนคลื่นไฟฟ้าของกล้ามเนื้อหลังส่วนล่างสูงสุด (%Sub-MVE) อยู่ในช่วง 30% แต่จากผลการทดสอบ พบว่า ในหน่วยงานควบคุมเตาหลอมนั้นมีภาระของกล้ามเนื้อหลังส่วนล่างที่มากเกินเกณฑ์มาตรฐานความปลอดภัย ซึ่งอาจก่อให้เกิดอันตรายและการบาดเจ็บหลังอย่างรุนแรงได้ ฉะนั้นจึงควรมีการออกแบบปรับปรุงการทำงานในบางกิจกรรมโดยเฉพาะในกิจกรรมการตักกากน้ำเหล็กและกิจกรรมการขนย้ายสารเติมแต่งซึ่งจะได้เสนอแนะไว้ในส่วนของสรุปผลในบทที่ 5 ต่อไป สำหรับในหน่วยงานเทน้ำเหล็กพบว่า ผลการทดสอบที่ได้ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานความปลอดภัยมากจึงอยู่ในช่วงที่ปลอดภัย แต่สำหรับในหน่วยงานประทับตัวเลขฯ นั้นการประเมินผลที่ได้แตกต่างจากสองหน่วยงานแรกซึ่งสามารถอธิบายได้ดังนี้

จากผลการทดสอบ %Sub-MVE ในหน่วยงานประทับตัวเลขฯ เมื่อเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานความปลอดภัยแล้วพบว่า อยู่ในช่วงที่ไม่เกินมาตรฐานปลอดภัย แต่จากลักษณะท่าทางและการเคลื่อนไหวของหน่วยงานนี้ที่เป็นการเคลื่อนไหวในลักษณะการทำซ้ำๆ หรือเรียกว่างานซ้ำซาก ซึ่งมีลักษณะดังนี้ คือ รอบเวลาการทำงานที่น้อยกว่า 2 นาที มีลักษณะการเคลื่อนไหวใช้งานกล้ามเนื้อหลังส่วนล่างซ้ำๆ กันตลอดช่วงการทำงาน รวมถึงลักษณะการทำงานที่ไม่เป็นธรรมชาติที่ผิดหลักชีวกลศาสตร์ (biomechanics) เช่น การก้มตัวทำงานในพื้นที่ทำงานที่ต่ำกว่าข้อศอก 5 เซนติเมตร (Pekkarinen และ Anttonen, 1988; Vink, 1992; Konz, 1990) ทำให้เกิดโมเมนต์ที่มากระทำกับหลังส่วนล่างมาก ถึงแม้ว่าโดยเฉลี่ยแล้วค่าสัดส่วนร้อยละของคลื่นไฟฟ้าของกล้ามเนื้อหลังส่วนสูงสุด (%Sub-MVE) อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานความปลอดภัยก็ตามแต่ในรอบการทำงานหนึ่งๆ นั้นจะมีค่าสูงสุด (peak) ของสัดส่วนร้อยละของคลื่นไฟฟ้าของกล้ามเนื้อหลังส่วนล่างสูงสุดที่สูงเกินเกณฑ์มาตรฐานความปลอดภัยที่กำหนดไว้ ทำให้ในช่วงการทำงานของหน่วยงานนี้ในระยะเวลา 20 นาที มีค่าสูงสุดที่เกินเกณฑ์มาตรฐานความปลอดภัยหลายค่าจึงเป็นสาเหตุหนึ่งทำให้เกิดการสะสมความล้าดังกล่าวในร่างกายซึ่งอาจก่อให้เกิดอันตรายต่อหลังในภายหลังได้ สิ่งนี้ชี้ให้เห็นว่างานในหน่วยงานนี้มีความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บที่หลังซึ่งผลการประเมินที่ได้สอดคล้องกับการประเมินความล้าของร่างกายเฉพาะส่วนที่พบว่าในหน่วยงานประทับตัวเลขฯ มีความล้าเกิดขึ้นมากในบริเวณกล้ามเนื้อหลัง นอกจากนั้นจากการสอบถามพนักงานก็ยังพบว่างานดังกล่าวนี้ก่อให้เกิดความเครียดทางด้านจิตใจด้วย ทั้งนี้เนื่องจากลักษณะงานดังกล่าวเป็นงานที่มีลักษณะน่าเบื่อไม่มีอิสระในการทำงานและมีการทำงานที่ง่ายไม่ซับซ้อน (Armstrong, 1986; Broadbent และ Gath , 1993) ซึ่งควรดำเนินการปรับปรุงสภาพการทำงานทั้งในส่วนของความเครียดทางร่างกายและความเครียดทางจิตใจควบคู่กันไป

5. <u>การใช้พลังงานของพนักงานในแต่ละหน่วยงาน</u>

การประเมินการใช้พลังงานของพนักงานนั้นเป็นการประเมินภาระงานภายในที่เกิดขึ้นเนื่องมาจากกระบวนการเผาผลาญสารอาหารโดยใช้ออกซิเจนในการสันดาปกับสารอาหารแล้วได้พลังงานออกมา โดยออกซิเจน 1 ลิตร จะให้พลังงานประมาณ 5 กิโลแคลอรี และพลังงาน 1 วัตต์เท่ากับ 1.163 กิโลแคลอรี/ชั่วโมง ซึ่งสามารถแสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการใช้พลังงานของพนักงานในแต่ละหน่วยงาน ได้ดังตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการใช้พลังงานของพนักงาน

หน่วยงาน	ควบคุมเตาหลอม	เทน้ำเหล็ก	ประทับตัวเลขฯ
พลังงาน (กิโลแคลอรี/ชั่วโมง)	298.7 ± 43.6	176.7 ± 31.4	143.7 ± 24.4
พลังงาน (วัตต์/ตารางเมตร)	190.0 ± 94.1	123.0 ± 24.2	105.1 ± 19.4

ที่มา : จากตารางที่ ฉ.5 ในภาคผนวก ฉ.

เมื่อวิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อหาความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ พบว่า หน่วยงานต่างกันจะมีการใช้พลังงานแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (α = 0.05) แสดงได้ดังตารางที่ ง.15 ในภาคผนวก ง. และเมื่อทำการจัดแบ่งกลุ่มการใช้พลังงานของแต่ละหน่วยงานโดยใช้พหุพิสัยดันแคน พบว่า หน่วยงานควบคุมเตาหลอมมีการใช้พลังงานสูงสุด และหน่วยงานเทน้ำเหล็กกับหน่วยงานประทับตัวเลขฯ จัดอยู่ในกลุ่มเดียวกัน ซึ่งสอดคล้องกับการประเมินสัดส่วนร้อยละของการใช้ออกซิเจนสูงสุดทั้งนี้เนื่องจากการใช้พลังงานจะแปรผันตามการใช้ออกซิเจนของร่างกาย

จากเกณฑ์มาตรฐานของ OSHA (1974) ที่กล่าวถึง การใช้พลังงานในการทำงาน (กิโลแคลอรี/ชั่วโมง) สำหรับงานเบา งานปานกลางและงานหนัก เรียงตามลำดับดังนี้ คือ < 200 กิโลแคลอรี/ชั่วโมง, ระหว่าง 201 ถึง 300 กิโลแคลอรี/ชั่วโมง และ > 300 กิโลแคลอรี/ชั่วโมง ตามลำดับ จากผลการทดสอบที่ได้พบว่าหน่วยงานควบคุมเตาหลอมเป็นงานระดับปานกลาง งานเทน้ำเหล็กและงานประทับตัวเลขฯ เป็นงานระดับเบา ซึ่งสอดคล้องกับการประเมินระดับภาระงานโดยใช้ %HRW เป็นเกณฑ์ เมื่อทำการประเมินการใช้พลังงาน (กิโลแคลอรี/ชั่วโมง) กับดัชนีอุณหภูมิกระเปาะดำเปียก (WBGT) ตามเกณฑ์มาตรฐานของ OSHA (1974) ซึ่งแสดงได้ดังตารางที่ ญ.2 ในภาคผนวก ญ. พบว่า ไม่มีหน่วยงานใดที่มีดัชนีอุณหภูมิกระเปาะดำเปียก (WBGT) เกินค่ามาตรฐานที่กำหนด เช่น ในหน่วยงานควบคุมเตาหลอมเป็นงานปานกลาง (ความเร็วลมมากกว่า 1.5 เมตร/วินาที) จะมีดัชนีอุณหภูมิกระเปาะดำเปียกมาตรฐาน เท่ากับ 30.6°C แต่จากการทดสอบได้ค่า 30.5°C จึงอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ส่วนในหน่วยงานเทน้ำเหล็กนั้นเป็นงานเบา (ความเร็วลมมากกว่า 1.5 เมตร/วินาที) ดัชนีอุณหภูมิกระเปาะดำเปียกมาตรฐาน เท่ากับ 32.2 °C แต่จากการทดสอบได้ค่า 28.3°C จึงอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน และในงานประทับตัวเลขฯ เป็นงานเบา (ความเร็วลมน้อยไม่เกิน 1.5 เมตร/วินาที) ดัชนีอุณหภูมิกระเปาะดำเปียกมาตรฐาน (WBGT) เท่ากับ 30.0°C แต่จากการทดสอบได้ค่า 22.2°C จึงอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน สรุปได้ว่า แต่ละหน่วยงานมีสภาพความร้อนที่ไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดโดย OSHA (1974) จึงอยู่ในเกณฑ์ที่ปลอดภัยและ

แสดงว่าภาระความร้อนของแต่ละหน่วยงานไม่มากจนเกินไปที่จะก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพของพนักงาน

6. การประเมินโดยใช้ดัชนีภาระการตอบสนองด้วยการเต้นของหัวใจ

การประเมินนี้เป็นการประเมินภาระการตอบสนองด้วยการเต้นของหัวใจ ซึ่งมีสูตรการคำนวณมาจากงานวิจัยของ Vogt และ คณะ (1973) ที่ได้เสนอไว้ในบทที่ 2 โดยทำการคำนวณหาค่าผลรวมของภาระการตอบสนองด้วยการเต้นของหัวใจทั้งหมด (TOTEHB) ซึ่งมาจากภาระการตอบสนองด้วยการเต้นของหัวใจจากสภาวะความร้อน (TEHB) และภาระการตอบสนองด้วยการเต้นของหัวใจจากการทำงาน (MEHB) ซึ่งสามารถแสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานได้ดังตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของภาระการตอบสนองด้วยการเต้นของหัวใจ

หน่วยงาน	ควบคุมเตาหลอม	เทน้ำเหล็ก	ประทับตัวเลขฯ
TEHB	5.9 ± 3.4	7.0 ± 5.8	2.4 ± 1.6
MEHB	16.2 ± 3.4	14.2 ± 4.8	6.4 ± 1.6
TOTEHB	22.1 ± 5.0	21.2 ± 7.5	8.8 ± 2.3

ที่มา : จากตารางที่ ฉ.12 ในภาคผนวก ฉ.

จากการประเมินภาระการตอบสนองด้วยการเต้นของหัวใจจากสภาวะความร้อน (TEHB) จากการทำงาน (MEHB) และผลรวมของภาระการตอบสนองด้วยการเต้นของหัวใจ (TOTEHB) ในแต่ละหน่วยงาน (รายละเอียดในบทที่ 2) พบว่า ไม่มีภาระการตอบสนองของผู้ถูกทดสอบคนใดที่เกินกว่าภาระที่ยอมรับได้ของ Hettinger และ คณะ (1986) ซึ่งกล่าวว่าค่าของ TOTEHB ต้องไม่เกิน 30 ครั้ง/นาที และค่าของ TEHB และ MEHB ตัวใดตัวหนึ่งนั้นต้องไม่เกิน 20 ครั้ง/นาที (Vogt, 1986) จึงสรุปได้ว่า ภาระการตอบสนองของแต่ละหน่วยงานนั้นอยู่ในเกณฑ์ที่ปลอดภัย โดยที่ภาระความร้อนและภาระงานนั้นไม่หนักจนเกินไป

การประเมินความล้าช่วงก่อน-หลังทำงานและระดับความเจ็บปวดเชิงจิตวิสัย

ในการประเมินความล้านั้นจะทำการประเมินความล้าในสองลักษณะ คือ 1) การประเมินความล้าและความเจ็บปวดของร่างกายโดยรวม และ 2) การประเมินความล้าของร่างกายเฉพาะส่วน ซึ่งทำการประเมินในส่วนต่างๆ ของร่างกายดังนี้ คือ คอ ไหล่ แขนส่วนบน แขนส่วนล่าง ข้อมือ นิ้วมือ หลัง ก้นและสะโพก ต้นขา เข่า น่องเท้าและข้อเท้า ดังแสดงในแบบสอบถามการประเมินความล้าของกล้ามเนื้อช่วงก่อนและหลังทำงาน (ดังภาคผนวก ข.7) เนื่องจากในแต่ละคนนั้นมีความรู้สึกต่อความล้าของกล้ามเนื้อในระดับที่แตกต่างกัน ฉะนั้นจึงทำการประเมินโดยให้ผู้ถูกทดสอบประเมินความล้าในช่วงก่อนและหลังทำงานแล้วนำมาเปรียบเทียบหาผลต่างกัน เพื่อดูว่าระดับของความล้าหลังจากเลิกทำงานจะมีค่าเพิ่มขึ้นจากความล้าก่อนทำงานมากน้อยเพียงใด

1. <u>การประเมินความล้าและระดับความเจ็บปวดของร่างกายโดยรวม</u>

ผลจากการประเมินความล้าและความเจ็บปวดทั่วไปของร่างกายโดยเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความล้าและความเจ็บปวดของร่างกายของพนักงาน

หน่วยงาน	ควบคุมเตาหลอม	เทน้ำเหล็ก	ประทับตัวเลขฯ
ความล้าของร่างกาย	1.8 ± 1.4	2.0 ± 1.7	3.0 ± 2.1
ความเจ็บปวดของร่างกาย	2.4 ± 0.9	1.4 ± 0.7	3.33 ± 0.7

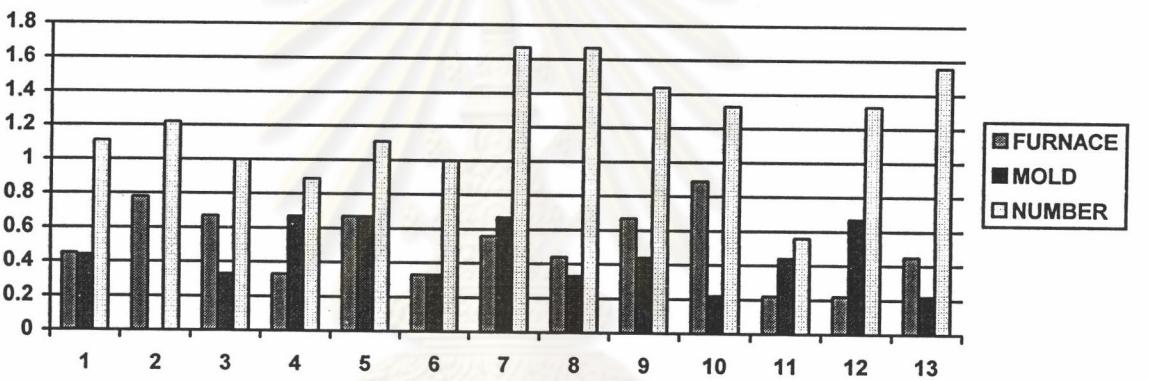
ที่มา : จากตารางที่ ฉ.6 ถึงตารางที่ ฉ.8 ในภาคผนวก ฉ.

เมื่อทำการทดสอบค่าทางสถิติ พบว่า หน่วยงานที่ต่างกันจะมีความล้าของร่างกายไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (α = 0.05) ดังแสดงได้ในตารางที่ จ.1 ในภาคผนวก จ. จึงไม่สามารถสรุปได้ว่าหน่วยงานใดมีความล้าของร่างกายมากที่สุด และสำหรับความเจ็บปวดนั้นจากการทดสอบค่าทางสถิติ พบว่า หน่วยงานที่ต่างกันจะมีความเจ็บปวดที่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (α = 0.05) ดังแสดงได้ในตารางที่ จ.3 ในภาคผนวก จ. เมื่อทำการจัดแบ่งกลุ่มโดยใช้การทดสอบพหุพิสัยดันแคน สรุปได้ว่า หน่วยงานประทับตัวเลขฯ มีความเจ็บปวดมากที่สุด รองลงมาคือหน่วยงานควบคุมเตาหลอมและน้อยที่สุด คือ หน่วยงานเทน้ำเหล็ก ดังแสดงได้ในตารางที่ จ.4 ในภาค

ผนวก จ. ทั้งนี้เนื่องจากความเจ็บปวดนั้นเกิดขึ้นเนื่องมาจากการใช้งานของร่างกายเฉพาะส่วนที่หนักเกินไป ดังจะเห็นได้จากงานในหน่วยงานประทับตัวเลขฯ ที่มีลักษณะการทำงานเป็นแบบซ้ำซาก ทำให้มีการเคลื่อนไหวหลังซ้ำเดิมๆ เป็นปริมาณมากซึ่งเป็นอันตรายทำให้เกิดการบาดเจ็บหลังได้ และงานของหน่วยงานควบคุมเตาหลอมที่มี %Sub-MVE สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานความปลอดภัยที่กำหนดไว้มาก ซึ่งก่อให้เกิดอันตรายต่อหลังส่วนล่างได้เช่นเดียวกัน

2. การประเมินความล้าของร่างกายเฉพาะส่วน

การประเมินความล้าของร่างกายเฉพาะส่วนนั้นจะทำการประเมินความล้าตามส่วนต่างๆ ของร่างกาย โดยใช้แบบสอบถามความล้าดังภาคผนวก ข.7 เพื่อดูว่าส่วนใดของร่างกายที่ใช้งานมากจนทำให้เกิดความล้ามากกว่าส่วนอื่นๆ ซึ่งสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 ความล้าของร่างกายเฉพาะส่วนของพนักงานแต่ละหน่วยงาน

ที่มา : จากตารางที่ ฉ.6 ถึงตารางที่ ฉ.8 ในภาคผนวก ฉ.

เมื่อ 1 = คอ, 2 = ไหล่, 3 = แขนส่วนบน, 4 = แขนส่วนล่าง, 5 = ข้อมือ, 6 = นิ้วมือ, 7 = หลัง, 8 = ก้นและสะโพก, 9 = ต้นขา, 10 = เข่า, 11 = น่อง, 12 = เท้า และ 13 = ข้อเท้า

จากรูปที่ 4.1 แสดงให้เห็นว่า พนักงานแต่ละหน่วยงานมีการใช้งานของกล้ามเนื้อมากน้อยแตกต่างกัน จากรูปพบว่าในหน่วยงานประทับตัวเลขฯ นั้นมีการเพิ่มขึ้นของระดับความล้าของกล้ามเนื้อเฉพาะส่วนในส่วนต่างๆ ของร่างกายสูงที่สุด โดยเฉพาะในบริเวณกล้ามเนื้อหลังและก้น-สะโพก ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการใช้งานของกล้ามเนื้อหลังที่ไม่ปลอดภัย อันเนื่องมาจากลักษณะการทำงานที่ซ้ำซากและลักษณะการทำงานที่ผิดธรรมชาติซึ่งเป็นลักษณะการทำงานที่ไม่ดีที่ควรปรับปรุงต่อไปเพื่อลดภาระงานที่กระทำต่อหลังส่วนล่างให้ลดลง

จากการประเมินในสองหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับความร้อน อันได้แก่ หน่วยงานควบคุมเตาหลอมและหน่วยงานเทน้ำเหล็ก พบว่า ในหน่วยงานเทน้ำเหล็กนั้นมีความล้าทางร่างกายโดยรวมใกล้เคียงกับในหน่วยงานควบคุมเตาหลอม ทั้งๆ ที่ภาระงานของหน่วยงานเทน้ำเหล็กนั้นต่ำกว่า, มีความล้าจากการใช้งานของกล้ามเนื้อต่างๆ น้อยกว่า, มีการใช้พลังงานน้อยกว่า, มีอัตราการเต้นของหัวใจที่ต่ำกว่าและมีสภาพความร้อนในสถานที่ทำงานที่ต่ำกว่าหน่วยงานควบคุมเตาหลอมก็ตาม ทั้งนี้อธิบายได้ว่าเนื่องมาจากการจัดการสภาพงาน ระบบการทำงานและการพักที่แตกต่างกัน โดยในหน่วยงานควบคุมเตาหลอมนั้นมีระยะเวลาพักในระหว่างช่วงทำงานทั้งหมดเท่ากับ 22.4% ของเวลาทำงาน โดยเป็นพักในส่วนทางเดินเท่ากับ 6.7% ของเวลาทำงาน พักในส่วนห้องปรับอากาศ 15.7% ของเวลาทำงาน นอกจากนี้ยังมีเวลาทำงานที่ไม่สัมผัสกับความร้อนอีก 30.3% ของเวลาทำงาน เพราะฉะนั้นระยะเวลารวมทั้งหมดที่ไม่ต้องสัมผัสกับความร้อนมีถึง 52.6% ของเวลาทำงาน และในส่วนของภาระความร้อนนั้นพบว่าในหน่วยงานควบคุมเตาหลอมมีการจัดการสภาพของงานที่ดีกว่าในหน่วยงานเทน้ำเหล็ก อันได้แก่ มีความเร็วลมในบริเวณสถานที่ทำงานที่สูง มีห้องปรับอากาศให้พัก มีช่วงการหยุดพักในระหว่างการทำงานและมีบางกิจกรรมที่ไม่ได้สัมผัสกับสภาพความร้อน ซึ่งจากลักษณะการจัดการสภาพงาน ระบบงานและการพักที่ดีเหล่านี้จึงทำให้มีเวลาหยุดพักเพื่อฟื้นตัวจากความล้าได้มากและได้พักในสถานที่เหมาะสม อันเป็นผลทำให้ความล้าจากภาระงานและภาระความร้อนหลังเลิกงานนั้นไม่สูงจนเกินไป

ระยะเวลาการพักที่เหมาะสม

ความล้าที่เกิดขึ้นกับร่างกายนั้นเป็นความล้าที่เกิดขึ้นเนื่องจากการใช้พลังงานที่เกินขีดจำกัดของการใช้พลังงานทำงาน 8 ชั่วโมง ที่กำหนดโดย Ayoub และ Mital (1989) ซึ่งกล่าวไว้ว่าผู้ชายไม่ควรเกิน 5.0 กิโลแคลอรี/ชั่วโมง ถ้าหากเกินขีดจำกัดนี้แล้วร่างกายต้องยืมจากพลังงานสำรองในร่างกายมาใช้ซึ่งทำให้เกิดความล้าขึ้นได้ วิธีที่ดีที่สุดในการลดความล้าที่เกิดขึ้นก็คือการพักในช่วงเวลาที่เหมาะสมที่ทำให้คนงานได้ฟื้นตัวจากความล้าและไม่หยุดพักนานจนทำให้เสียงานไป วิธีการที่จะใช้นี้ได้จากงานวิจัยของ Murrell (1965) (ดูรายละเอียดในบทที่ 2) ซึ่งจากการประเมินอัตราการใช้ออกซิเจนในขณะทำงานของหน่วยงานทั้งสาม พบว่า หน่วยงานควบคุมเตาหลอมมีภาระงานที่หนักกว่าหน่วยงานอื่นและมีการใช้พลังงานที่เกินขีดจำกัดของการใช้พลังงานในการทำงาน 8 ชั่วโมง ที่ 5.0 กิโลแคลอรี/นาที แต่ก็ไม่สูงมากนักอยู่ในช่วงระยะเวลาเพียง 20 นาที ต่อจากนั้นก็จะเป็นช่วงที่ทำงานในห้องปรับอากาศและทำกิจกรรมที่มีภาระงานระดับเบา เช่น การเขียนเอกสารส่งรายงานคุณภาพน้ำเหล็ก การทำงานในห้องปรับอากาศเพื่อควบคุมการ

เปิด-ปิดเตาหลอมและการพักดื่มน้ำ เป็นต้น ซึ่งกิจกรรมทั้งหมดในช่วงนี้เป็นกิจกรรมรอโลหะหลอมเหลวให้ได้ตามคุณภาพที่ต้องการและรอการเรียกน้ำเหล็กจากหน่วยงานเทน้ำเหล็ก ซึ่งมีระยะเวลานาน 40 นาที เพราะฉะนั้นระยะเวลาพักที่เหมาะสมที่คำนวณได้ซึ่งเท่ากับ 1.34 นาที (คำนวณจาก 20 นาที ในขณะทำงานก่อนทำงานเบา 40 นาที) จึงไม่จำเป็นต้องกำหนดเป็นช่วงระยะเวลาพักแต่อย่างใด แต่สำหรับในหน่วยงานเทน้ำเหล็กและหน่วยงานประทับตัวเลขฯ นั้นไม่จำเป็นต้องมีระยะเวลาพักหลังทำงาน ทั้งนี้เนื่องจากทั้งสองหน่วยงานมีภาระงานที่ไม่หนักจนเกินไปจึงไม่ต้องใช้พลังงานเกินขีดจำกัดของการใช้พลังงาน ที่ระดับ 5.0 กิโลแคลอรี/นาที เพราะฉะนั้นจึงไม่ก่อให้เกิดความล้าขึ้นกับร่างกายแต่อย่างใด แต่สิ่งหนึ่งที่ต้องพิจารณาในหน่วยงานทั้งสองนี้ก็คือปัญหาทางด้านอื่นที่ไม่ใช่ปัญหาจากภาระงาน อันได้แก่ ปัญหาสภาพความร้อนของหน่วยงานเทน้ำเหล็ก ปัญหาความเครียดทางโครงสร้างของกล้ามเนื้อและกระดูก ปัญหาสภาพแวดล้อมอื่นๆ เช่น ฝุ่นและเสียง เป็นต้น และปัญหาความเครียดทางจิตใจของหน่วยงานประทับตัวเลขฯ ซึ่งควรได้รับการแก้ไขโดยจะได้นำเสนอแนะวิธีการแก้ไขในบทที่ 5 ต่อไป

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย