บทที่ 5

อภิปรายผล สรุปผลและข้อเสนอแนะ

อภิปรายผลการวิจัย

จากการศึกษาวิจัยครั้งนี้ซึ่งได้ทำการทดสอบทางด้านการตอบสนองทางสรีรวิทยาและการทดสอบทางด้านจิตวิสัยรวมถึงการประเมินสภาพความร้อนในสถานที่ทำงาน สามารถสรุปผลได้ดังนี้

1. ผลการทดสอบกำลังสถิตของกล้ามเนื้อมือในช่วงก่อนและหลังทำงาน พบว่า ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในช่วงเวลาก่อนและหลังทำงาน ซึ่งผลที่ได้นี้สอดคล้องกับงานวิจัยของงามจิตต์ บริบาลบุรีภัณฑ์ (2536) ที่ได้ทำการศึกษากับกลุ่มพนักงานหล่อโลหะ เนื่องจากการใช้การทดสอบกำลังสถิตกล้ามเนื้อมือนั้นเป็นการทดสอบกล้ามเนื้อเฉพาะส่วน กล้ามเนื้อดังกล่าวเป็นกล้ามเนื้อชุดเล็กซึ่งไม่ได้ใช้งานบ่อยครั้งในการทำงานจึงไม่ทำให้เกิดความล้าของร่างกายขึ้น เพราะฉะนั้นจึงไม่สามารถใช้เป็นตัวบ่งชี้ถึงความล้าของร่างกายได้

2. จากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการตอบสนองของภาระงานกับความสามารถสูงสุดในการทำงาน (VO_2max) ของพนักงานหน้าที่ต่างๆ พบว่า สัดส่วนร้อยละของการใช้ออกซิเจนสูงสุดของพนักงานควบคุมเตาหลอม อยู่.oช่วง 31.6± 6.0% ของความสามารถสูงสุดในการทำงาน ค่าสัดส่วนร้อยละของการใช้ออกซิเจนสูงสุดของพนักงานเทน้ำเหล็ก อยู่ในช่วง 24.0 ± 4.8% ของความสามารถสูงสุดในการทำงาน สำหรับพนักงานควบคุมเตาหลอมและพนักงานเทน้ำเหล็กนั้นมีผลที่ได้ใกล้เคียงกับงานวิจัยของงามจิตต์ บริบาลบุรีภัณฑ์ (2536) ซึ่งอยู่ในช่วง 20% ถึง 40% ของความสามารถสูงสุดในการทำงาน แต่สำหรับพนักงานประทับตัวเลขฯ นั้นมีค่าสัดส่วนดังกล่าวนี้เท่ากับ 19.5 ± 4.8% ของความสามารถสูงสุดในการทำงาน ซึ่งน้อยกว่าในหน่วยงานอื่น จากงานวิจัยของ Astrand และ Rodahl (1977) ที่กำหนดขีดจำกัดบนที่ปลอดภัยของค่าสัดส่วนร้อยละของการใช้ออกซิเจนสูงสุด ($\%VO_2max$) ไว้ไม่เกิน 30% ถึง 40% ของความสามารถสูงสุดในการทำงาน จึงสรุปได้ว่า ทั้งสามหน่วยงานไม่มีหน่วยงานใดที่มีค่าสัดส่วนดังกล่าวนี้เกินเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ จึงกล่าวได้ว่า งานนั้นไม่หนักจนเกินไปและสามารถทำงานได้ต่อเนื่องทั้งวัน

3. จากงานวิจัยนี้พบว่า ค่า %HRW ของหน่วยงานควบคุมเตาหลอมและหน่วยงานเทน้ำเหล็กนั้นมีค่าสูงกว่าค่าที่ได้จากงานวิจัยของ Vitalis และ คณะ (1994) ทั้งนี้เนื่องจากในงานวิจัยนี้มีสภาพความร้อนที่สูงกว่าในงานวิจัยของ Vitalis และ คณะ (1994) จึงทำให้กระบวนการถ่ายเทความร้อนจากภายในร่างกายสู่สภาพแวดล้อมภายนอกโดยเลือดมากกว่า อันเป็นผลให้ %HRW มากกว่าด้วย

4. ในการวิจัยครั้งนี้พบว่า มีปัจจัยหลายปัจจัยที่เข้ามาเกี่ยวข้องกับการประเมินความล้าจากการทำงานในสภาพความร้อนที่ไม่สามารถควบคุมได้ในภาคสนาม ได้แก่ รายละเอียดของงาน (job description) ที่แตกต่างกัน รวมถึงความแตกต่างทางด้านบุคคลของผู้ถูกทดสอบ เช่น อายุ ความสามารถในการรับออกซิเจน สมรรถภาพในการเผาผลาญสารอาหาร อัตราการเต้นของหัวใจ ความสามารถในการแลกเปลี่ยนความร้อน สภาพของร่างกาย ภาวะโภชนาการ ความรู้สึกและทัศนคติต่อความร้อน เป็นต้น นอกจากนี้จากงานวิจัยอื่นๆ เช่น งานวิจัยของ Dean และ McGlothlen (1965) และ Bell (1978) พบว่า มีปัจจัยอื่นที่ส่งผลกระทบต่อการตอบสนองทางสรีรวิทยาร่วมด้วย เช่น เสียง แสงสว่าง และแรงจูงใจในการทำงานของพนักงาน เป็นต้น สิ่งต่างๆ เหล่านี้จึงอาจส่งผลกระทบต่อผลการทดสอบที่ได้

5. การประเมินภาระงานโดยใช้การเพิ่มขึ้นของอัตราการเต้นของหัวใจในขณะทำงานเป็นร้อยละ (Intaranont และ Vanwonterghem, 1993) เป็นเกณฑ์กับการใช้พลังงานตามมาตรฐานของ OSHA (1974) เป็นเกณฑ์นั้นพบว่ามีความสอดคล้องกัน ซึ่งสามารถแบ่งภาระงานของแต่ละหน่วยงานได้ดังนี้ คือ งานควบคุมเตาหลอมเป็นงานระดับปานกลาง งานเทน้ำเหล็กและงานประทับตัวเลขฯ จัดเป็นงานระดับเบา

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาวิจัยในผู้ถูกทดสอบที่เป็นพนักงานทั้งหมด 9 คน จากหน่วยงานสามหน่วยงาน ได้แก่ หน่วยงานควบคุมเตาหลอม หน่วยงานเทน้ำเหล็กและหน่วยงานประทับตัวเลขฯ ซึ่งในการสรุปผลนั้นสามารถแบ่งแยกหัวข้อสรุปออกเป็นสองแนวทาง คือ ความเครียดทางสรีรวิทยาและความเครียดทางโครงสร้างของกล้ามเนื้อและกระดูก โดยการตอบสนองความเครียดทางสรีรวิทยานั้นแสดงผลได้ทางการตอบสนองของร่างกายที่แสดงออกมาทางสรีรวิทยา อันได้แก่ อัตราการใช้ออกซิเจน อัตราการเต้นของหัวใจ การใช้พลังงาน อุณหภูมิของร่างกายและความล้าของร่างกายโดยรวม ส่วนการตอบสนองความเครียดทางโครงสร้างของกล้ามเนื้อและกระดูกนั้นเป็นการตอบสนองความเครียดของกล้ามเนื้อและกระดูกซึ่งวัดผลได้โดยใช้การตรวจวัดคลื่นไฟฟ้าของ

กล้ามเนื้อที่แสดงผลออกมา รวมถึงพิจารณาลักษณะการทำงานที่ใช้งานกล้ามเนื้อและกระดูกที่ผิดธรรมชาติซึ่งก่อให้เกิดโมเมนต์มากระทำในบริเวณหลังส่วนล่าง (L5/S1 disc) สูงจนอาจก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงานได้ ผลจากการศึกษาวิจัยในแต่ละหน่วยงานสามารถสรุปได้ดังนี้ คือ

1. <u>หน่วยงานควบคุมเตาหลอม</u>

หน่วยงานนี้มีสภาพความร้อนในสถานที่ทำงานที่ประเมินโดยใช้ดัชนีอุณหภูมิกระเปาะดำเปียก (WBGT) เท่ากับ 30.5°C, มีความเร็วลม 7.9 เมตร/วินาที, และเปอร์เซ็นต์ความชื้นสัมพัทธ์ 51.1% ซึ่งไม่แตกต่างจากหน่วยงานเทน้ำเหล็กทำให้ทราบว่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นสัมพัทธ์นั้นไม่เป็นปัจจัยของสภาพความร้อน ผลจากการประเมินสภาพความร้อนทางจิตวิสัยในหน่วยงานนี้พบว่าไม่แตกต่างจากหน่วยงานเทน้ำเหล็กทั้งนี้เนื่องจากปัจจัยต่างๆ อันได้แก่ ลักษณะการทำงาน การหยุดพักและความเร็วลมในสถานที่ทำงานที่มีการจัดการได้ดีจึงทำให้ภาระความร้อนและภาระงานไม่สูงเกินไป สามารถสรุปผลการประเมินความเครียดทางสรีรวิทยากับความเครียดทางโครงสร้างของกล้ามเนื้อและกระดูกแยกเป็นหัวข้อได้ดังนี้ คือ

1.1 ความเครียดทางสรีรวิทยา

การตอบสนองความเครียดทางสรีรวิทยาของหน่วยงานนี้ สามารถแสดงได้ดังนี้

1.1.1 การเพิ่มขึ้นของอัตราการเต้นของหัวใจโดยเฉลี่ย เท่ากับ 25.3 ครั้ง/นาที

1.1.2 สัดส่วนร้อยละของการใช้ออกซิเจนสูงสุดโดยเฉลี่ย เท่ากับ 31.6% ของความสามารถสูงสุดในการทำงาน

1.1.3 การใช้พลังงานโดยเฉลี่ย เท่ากับ 298.7 กิโลแคลอรี/ชั่วโมง

1.1.4 การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิทางปากโดยเฉลี่ย เท่ากับ 0.1°C

1.1.5 การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิของผิวหนังโดยเฉลี่ย เท่ากับ 0.8°C

ในส่วนของการเพิ่มขึ้นของอัตราการเต้นของหัวใจในขณะทำงานจากในขณะพัก สัดส่วนร้อยละของการใช้ออกซิเจนสูงสุดและการใช้พลังงานที่สูงนั้น เนื่องจากหน่วยงานนี้มีภาระงานที่หนักกว่าหน่วยงานอื่นดังจะเห็นได้จากมีบางกิจกรรมที่ต้องใช้งานกล้ามเนื้อชุดใหญ่มาก เช่น กล้ามเนื้อแขน กล้ามเนื้อลำตัว กล้ามเนื้อขาและกล้ามเนื้อหลังส่วนล่าง (%Sub-MVE) เป็นต้น กิจกรรมนั้นได้แก่ กิจกรรมขนย้ายสารเติมแต่ง การเดินและกิจกรรมการตักกากน้ำเหล็ก และมีบางกิจกรรมที่แม้ว่าจะไม่ใช่งานหนักแต่มีการสัมผัสกับความร้อนที่สูงในบริเวณสถานที่ทำงาน เช่น การสำรวจหน้าเตาและการควบคุมการเปิด-ปิดฝาหน้าเตาก็มีส่วนทำให้เกิดความเครียดทางสรีรวิทยาจากความร้อนอันเป็นผลให้มีอัตราการเต้นของหัวใจในขณะทำงาน สัดส่วนร้อยละของการ

ใช้ออกซิเจนสูงสุดและการใช้พลังงานเพิ่มขึ้น แต่สำหรับอุณหภูมิทางปากและอุณหภูมิผิวหนังที่วัดภายหลังทำงานเทียบกับก่อนทำงานในหน่วยงานนี้เมื่อเทียบกับหน่วยงานเทน้ำเหล็กแล้วนั้นพบว่ามีการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิดังกล่าวที่น้อยกว่า ทั้งนี้เนื่องจากหน่วยงานนี้มีการจัดการสภาพงาน ระบบการทำงานและระบบการพักดีกว่าหน่วยงานเทน้ำเหล็ก ดังนี้คือ

1) มีความเร็วลมในบริเวณสถานที่ทำงานสูงทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อนออกจากร่างกายสู่สภาพแวดล้อมภายนอกโดยการพาความร้อนและการระเหยของเหงื่อได้ดี

2) มีอุณหภูมิของสภาพแวดล้อมในขณะพักที่ต่ำกว่าอุณหภูมิร่างกาย (พักในห้องปรับอากาศ) ทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อนออกจากร่างกายสู่สภาพแวดล้อมภายนอกโดยการพาและการแผ่รังสีความร้อนได้ดี

3) มีการหยุดพักเป็นช่วงๆ ในระหว่างการทำงาน โดยระยะเวลาการหยุดพักคิดเป็น 22.5% ของระยะเวลาทำงานทั้งหมด ในช่วงระยะเวลาหยุดพักนี้มีภาระความร้อนที่เกิดจากการใช้พลังงานของร่างกายในช่วงหยุดพักต่ำและมีภาระความร้อนที่สะสมมาจากช่วงทำงานก่อนหน้าการพักไม่มากจึงสามารถถ่ายเทความร้อนออกจากร่างกายได้อย่างรวดเร็ว

4) มีบางกิจกรรมที่ทำงานโดยไม่ต้องสัมผัสกับสภาพความร้อนในสถานที่ทำงาน เช่น กิจกรรมการขนย้ายสารเติมแต่ง กิจกรรมการชั่งเตรียมสารเติมแต่งและการเดินส่งเอกสาร เป็นต้น ซึ่งกิจกรรมดังกล่าวนี้มีภาระความร้อนจากสภาวะความร้อนในขณะทำงานไม่สูงจึงทำให้เกิดภาระความร้อนรวมระหว่างภาระความร้อนจากสภาวะความร้อนในสถานที่ทำงานและจากการทำงานที่ไม่สูงมากนัก ซึ่งร่างกายสามารถกำจัดความร้อนนี้ออกไปได้โดยกระบวนการถ่ายเทความร้อนของร่างกายโดยใช้ความเร็วลมสูงและการพักในห้องปรับอากาศ

จากเหตุผลดังกล่าวนี้จึงทำให้การตอบสนองความเครียดทางสรีรวิทยาจากความร้อนในหน่วยงานควบคุมเตาหลอมนั้นไม่สูงมากนักเมื่อเทียบกับในหน่วยงานเทน้ำเหล็ก การจัดการสภาพงาน ระบบการทำงานและการพักที่ดีของหน่วยงานควบคุมเตาหลอมจึงแสดงให้เห็นถึงการจัดการความเครียดทางสรีรวิทยาที่มีประสิทธิภาพ

เมื่อทำการประเมินการตอบสนองความเครียดทางสรีรวิทยาของหน่วยงานควบคุมเตาหลอมโดยใช้ %HRW (Intaranont และ Vanwontaghem, 1993), %VO_2max (Astrand และ Rodahl, 1977), TEHB และ MEHB (Vogt, 1986), และ TOTEHB (Hettinger และ คณะ, 1968) รวมถึงการประเมินสภาพความร้อนกับการใช้พลังงานตามมาตรฐานของ OSHA (1974) สรุปได้ว่า ไม่มีค่าใดเกินมาตรฐานที่กำหนดไว้ งานนี้จึงไม่เป็นภาระงานที่หนักจนเกินไปที่จะทำให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพของผู้ปฏิบัติงาน และเมื่อทำการหาระยะเวลาในการพักจากความล้าของร่างกายเนื่องจาก

มีการใช้พลังงานที่เกินขีดจำกัดของการใช้พลังงานทำงานในผู้ชายของ Ayoub และ Mital (1989) ที่ไม่ควรเกิน 5.0 กิโลแคลอรี/นาที โดยใช้สูตรการของ Murrell (1965) คำนวณหาในช่วงทำงานภาระงานหนัก 20 นาที จะได้เท่ากับ 1.34 นาที ซึ่งตามสภาพการทำงานจริงแล้วนั้นพบว่า ในช่วงเวลาหลังจาก 20 นาที ที่มีภาระงานหนักจะเป็นช่วงภาระงานเบา 40 นาที เพื่อทำหน้าที่รักษาสภาพน้ำเหล็กที่หลอมเหลวในเตาหลอม รอการเรียกน้ำเหล็กจากหน่วยงานเทน้ำเหล็กและการเขียนใบรายงานคุณภาพน้ำเหล็ก ซึ่งในช่วงกิจกรรมดังกล่าวนี้มีภาระงานที่เบา, ทำงานในห้องปรับอากาศและไม่ได้เข้ามาเกี่ยวข้องกับสภาพความร้อน เพราะฉะนั้นในช่วงเวลาพักที่คำนวณได้นั้นถือว่ามีค่าน้อยมากเมื่อเทียบกับช่วง 40 นาที ที่มีภาระงานเบามาก จึงไม่จำเป็นต้องกำหนดเป็นระยะเวลาการพักของพนักงานแต่อย่างใด

1.2 ความเครียดทางโครงสร้างของกล้ามเนื้อและกระดูก

การตอบสนองความเครียดนี้สามารถตรวจวัดได้จากคลื่นไฟฟ้าของกล้ามเนื้อหลังส่วนล่างสูงสุด (%Sub-MVE) และการสังเกตลักษณะการทำงานที่ผิดธรรมชาติอันเป็นอันตรายต่อหลังส่วนล่างได้ ในหน่วยงานนี้มีลักษณะการทำงานที่ต้องใช้กล้ามเนื้อหลังส่วนล่างอย่างหนัก ซึ่งจากการทดสอบพบว่า %Sub-MVE Right เท่ากับ 28.4% และ %Sub-MVE Left เท่ากับ 42.1% การที่ค่า %Sub-MVE ของกล้ามเนื้อหลังส่วนล่างด้านขวาและซ้ายแตกต่างกันนั้นเนื่องมาจากความแตกต่างของการใช้งานกล้ามเนื้อหลังส่วนล่างซึ่งก็สามารถก่อให้เกิดอันตรายกับหลังได้ทั้งสองด้าน จากผลการทดสอบที่ได้พบว่าค่าที่ได้มีค่าเกินมาตรฐานความปลอดภัยที่อ้างถึงโดยอำนาจ เสตสุวรรณ (2537) ซึ่งอยู่ในช่วง 30% แสดงว่างานในหน่วยงานนี้ก่อให้เกิดอันตรายต่อหลังส่วนล่างได้ โดยเฉพาะในสองกิจกรรมที่ควรมีการปรับปรุงแก้ไขก็คือ กิจกรรมการตักกากน้ำเหล็กและกิจกรรมการยกขนย้ายสารเติมแต่ง ซึ่งสามารถแก้ไขได้ดังนี้คือ

1.2.1 กิจกรรมการตักกากน้ำเหล็กซึ่งทำให้เกิดอันตรายต่อหลังส่วนล่างได้มากกว่ากิจกรรมอื่น (มีค่าคลื่นไฟฟ้าของกล้ามเนื้อสูงที่สุด) จากข้อมูลภาคสนามพบว่า กากน้ำเหล็กโดยเฉลี่ย ประมาณ 25 กิโลกรัม และด้ามที่ใช้ตักกากน้ำเหล็กยาว 2.5 เมตร แสดงให้เห็นว่าก่อให้เกิดโมเมนต์ที่มากระทำกับหลังส่วนล่างอย่างมาก วิธีการที่ใช้แก้ไขได้ดีที่เสนอแนะก็คือ การลดโมเมนต์ที่มากระทำกับหลังส่วนล่างซึ่งสามารถทำได้สองวิธี คือ

1) การลดน้ำหนักของกากน้ำเหล็กในแต่ละเที่ยวลง แต่เพิ่มความถี่ในการตักให้มากขึ้น

2) การลดขนาดความยาวของด้ามเหล็กที่ใช้ตักกากน้ำเหล็กลงให้มีขนาดเหมาะสม

1.2.2 กิจกรรมการขนย้ายสารเติมแต่งก็เป็นอีกกิจกรรมหนึ่งที่มีการใช้งานของกล้ามเนื้อหลังส่วนล่างมาก ดังนั้นเพื่อเป็นการลดภาระงานดังกล่าวก็สามารถกระทำได้โดยการใช้รถเข็นมาช่วยในการขนย้ายสารเติมแต่ง ซึ่งนอกจากจะเป็นการลดการใช้งานของกล้ามเนื้อหลังส่วนล่างแล้วยังเป็นการลดภาระงานในหน่วยงานนี้ด้วย นอกจากนี้ยังพบว่าการที่สารเติมแต่งวางอยู่กับพื้นทำให้พนักงานต้องก้มตัวลงไปยกจากพื้นขึ้นมาซึ่งเป็นลักษณะท่าทางการยกของที่ผิดวิธี (Fish, 1976) ซึ่งควรมีการสอนท่าทางการยกของที่ถูกวิธีมาใช้โดยในการยกของนั้นควรย่อเข่าเข้าไปชิดกับของที่ต้องการยกและยกขึ้นมาโดยให้หลังตรงหรืออาจใช้การวางของบนชั้นในระดับที่พนักงานสามารถยกได้สะดวกโดยไม่ต้องก้มตัวไปยกของขึ้นมา

2. <u>หน่วยงานเทน้ำเหล็ก</u>

หน่วยงานนี้มีสภาพความร้อนที่ทำการประเมินโดยใช้ดัชนีอุณหภูมิกระเปาะดำเปียก (WBGT) เท่ากับ 28.3°C, ความเร็วลม 4.3 เมตร/วินาที และเปอร์เซ็นต์ความชื้นสัมพัทธ์ 46.7% ผลจากการประเมินสภาพความร้อนทางจิตวิสัยในหน่วยงานนี้พบว่าไม่แตกต่างจากสภาพความร้อนของหน่วยงานควบคุมเตาหลอม ทั้งนี้เนื่องจากในหน่วยงานนี้มีการจัดการสภาพงาน ระบบการทำงาน ระบบการพักและความเร็วลมที่ด้อยกว่าในหน่วยงานควบคุมเตาหลอมจึงทำให้มีภาระความร้อนที่สูงกว่า สามารถสรุปผลการประเมินโดยแยกเป็นหัวข้อความเครียดทางสรีรวิทยาและความเครียดทางโครงสร้างของกล้ามเนื้อและกระดูกได้ดังนี้ คือ

2.1 ความเครียดทางสรีรวิทยา

การตอบสนองความเครียดทางสรีรวิทยาของหน่วยงานนี้ สามารถแสดงได้ดังนี้

2.1.1 การเพิ่มขึ้นของอัตราการเต้นของหัวใจโดยเฉลี่ย เท่ากับ 18.8 ครั้ง/นาที

2.1.2 สัดส่วนร้อยละของการใช้ออกซิเจนสูงสุดโดยเฉลี่ย เท่ากับ 24.0% ของความสามารถสูงสุดในการทำงาน

2.1.3 การใช้พลังงานโดยเฉลี่ย เท่ากับ 176.7 กิโลแคลอรี/ชั่วโมง

2.1.4 การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิทางปากโดยเฉลี่ย เท่ากับ 0.2°C

2.1.5 การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิของผิวหนังโดยเฉลี่ย เท่ากับ 1.7°C

ในส่วนของการเพิ่มขึ้นของอัตราการเต้นของหัวใจในขณะทำงานจากในขณะพัก สัดส่วนร้อยละของการใช้ออกซิเจนสูงสุดและการใช้พลังงานของพนักงานในหน่วยงานนี้น้อยกว่าหน่วยงานควบคุมเตาหลอม ทั้งนี้เนื่องจากภาระงานของทั้งสองหน่วยงานนั้นมีความแตกต่างกันโดยในหน่วยงานควบคุมเตาหลอมนั้นมีภาระงานที่หนักกว่า (มีการใช้งานของกล้ามเนื้อชุดใหญ่

มากกว่า) ฉะนั้นจึงทำให้มีการเพิ่มขึ้นของอัตราการเต้นของหัวใจในขณะทำงานจากในขณะพัก (DHR) สัดส่วนร้อยละของการใช้ออกซิเจนสูงสุด (%VO_2max) และการใช้พลังงานที่มากกว่าหน่วยงานเทน้ำเหล็ก ส่วนผลการวัดการตอบสนองทางสรีรวิทยาของสัดส่วนร้อยละของการใช้ออกซิเจนสูงสุดและการใช้พลังงานของพนักงานในหน่วยงานเทน้ำเหล็กนั้นมีค่าใกล้เคียงกับในหน่วยงานประทับตัวเลขฯ ทั้งนี้เนื่องจากหน่วยงานทั้งสองมีภาระงานที่ใกล้เคียงกัน แต่สำหรับในหน่วยงานเทน้ำเหล็กนั้นมีความเกี่ยวข้องกับสภาวะความร้อนในสถานที่ทำงานที่สูง ฉะนั้นจึงทำให้มีอัตราการเต้นของหัวใจที่สูงเพื่อให้มีการถ่ายเทความร้อนจากภายในร่างกายออกมายังผิวหนังโดยทางเลือดได้ดี จากการเปรียบเทียบการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิทางปากและอุณหภูมิของผิวหนังของหน่วยงานนี้เทียบกับหน่วยงานประทับตัวเลขฯ ซึ่งไม่เกี่ยวข้องกับความร้อนนั้นทำให้เห็นความแตกต่างของการตอบสนองความเครียดทางสรีรวิทยาจากความร้อนได้อย่างชัดเจน และเมื่อเปรียบเทียบกับหน่วยงานควบคุมเตาหลอมซึ่งมีสภาวะความร้อนในสถานที่ทำงานที่สูงกว่าแต่มีการจัดการสภาพงาน ระบบการทำงานและการพักที่ดี จึงทำให้หน่วยงานควบคุมเตาหลอมมีภาระงานและภาระความร้อนโดยเฉลี่ยไม่สูงมากนัก รวมไปถึงลักษณะการทำงานของหน่วยงานนี้ที่มีการทำงานที่ต่อเนื่องไม่มีช่วงเวลาหยุดพักในระหว่างทำงานก่อให้เกิดความเครียดทางสรีรวิทยาจากความร้อนทั้งจากสภาวะความร้อนในสถานที่ทำงานและจากการทำงานที่สูงกว่าหน่วยงานอื่น และการที่หน่วยงานนี้มีความเร็วลมในสถานที่ทำงานไม่สูง, ไม่ครอบคลุมพื้นที่ทำงานทั้งหมด (ติดตั้งไว้คงที่ห่างกัน 3.5 เมตร), และอุณหภูมิของสภาพแวดล้อมนั้นใกล้เคียงกับอุณหภูมิร่างกายทำให้กระบวนการถ่ายเทความร้อนออกจากร่างกายสู่สภาพแวดล้อมภายนอกเป็นไปได้น้อย จึงแสดงผลออกมาให้เห็นทางอุณหภูมิทางปากและอุณหภูมิผิวหนังที่เพิ่มสูงขึ้นมากกว่าหน่วยงานควบคุมเตาหลอม

เมื่อทำการประเมินการตอบสนองความเครียดทางสรีรวิทยาของหน่วยงานนี้โดยใช้ %HRW (Intaranont และ Vanwontaghem, 1993), %VO_2max (Astrand และ Rodahl, 1977), TEHB และ MEHB (Vogt, 1986) และ TOTEHB (Hettinger และ คณะ, 1968) รวมถึงการประเมินสภาพความร้อนกับการใช้พลังงานตามมาตรฐานของ OSHA (1974) สรุปได้ว่า ไม่มีค่าใดเกินเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ จึงไม่เป็นภาระงานที่หนักจนเกินไปที่จะทำให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพของผู้ปฏิบัติงาน และจากการทดสอบพบว่าในหน่วยงานนี้ไม่มีการใช้พลังงานที่เกินขีดจำกัดการใช้พลังงานทำงานในผู้ชายของ Ayoub และ Mital (1989) ที่ไม่ควรเกิน 5.0 กิโลแคลอรี/นาที จึงไม่ก่อให้เกิดความล้าของร่างกายในการทำงาน แต่มีปัญหาหนึ่งในหน่วยงานนี้ที่ต้องพิจารณานั่นคือ ปัญหาสภาพความร้อนที่ควรได้รับการแก้ไข ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะในการแก้ไขปัญหาสภาพความร้อนในหน่วยงานดังนี้คือ การที่หน่วยงานนี้ต้องสัมผัสกับสภาวะความร้อนทมี่สูงในบริเวณสถานที่ทำงาน

อยู่ตลอดเวลา (แม้กระทั่งในขณะพักก็ต้องพักในบริเวณสถานที่หน้างาน) อันทำให้กระบวนการถ่ายเทความร้อนของร่างกายออกสู่สภาพแวดล้อมภายนอกเป็นไปอย่างไม่สะดวกซึ่งก่อให้เกิดปัญหาการสะสมความร้อนในร่างกายเพิ่มขึ้น วิธีการแก้ไขที่เสนอแนะก็คือ 1) เพิ่มการติดตั้งท่อเป่าลมเย็นในบริเวณสถานที่ให้มากขึ้นเพื่อจะได้ครอบคลุมพื้นที่ทำงานทั้งหมด, 2) เพิ่มความเร็วลมของลมเย็นที่เป่าออกมาจากท่อ, และ 3) จัดบริเวณสถานที่พักให้กับพนักงานแยกจากบริเวณหน้างานที่จะทำให้พนักงานต้องสัมผัสกับความร้อน เช่น สถานที่พักที่มีลมเย็นเป่าตัวผู้ปฏิบัติงานจำนวนมากหรือมีห้องปรับอากาศไว้ให้พนักงานได้พัก เป็นต้น

2.2 ความเครียดทางโครงสร้างของกล้ามเนื้อและกระดูก

การตอบสนองความเครียดของโครงสร้างกล้ามเนื้อและกระดูกในหน่วยงานนี้มีไม่มาก จากการตรวจวัดคลื่นไฟฟ้าของกล้ามเนื้อหลังส่วนล่างสูงสุด (%Sub-MVE) ด้านขวาและด้านซ้าย เท่ากับ 8.9% และ 7.9% ซึ่งอยู่ในระดับต่ำมากเมื่อเทียบกับมาตรฐานที่อ้างถึงโดย อำนาจ เสตสุวรรณ (2537) ซึ่งอยู่ในช่วง 30% แสดงว่างานในหน่วยงานนี้ไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อหลังส่วนล่าง และจากการสังเกตในภาคสนามก็พบว่ามีเพียงกิจกรรมเดียวเท่านั้นที่อาจก่อให้เกิดอันตรายต่อหลังส่วนล่างได้ก็คือกิจกรรมการตักกากน้ำเหล็กจากเบ้าเทน้ำเหล็ก ซึ่งสามารถปรับปรุงแก้ไขได้เช่นเดียวกับกิจกรรมการตักกากน้ำเหล็กในหน่วยงานควบคุมเตาหลอมคือตักกากน้ำเหล็กในปริมาณน้อยๆ แต่เพิ่มจำนวนครั้งในการตักและลดความยาวของด้ามที่ใช้ตักกากน้ำเหล็กลงให้เหมาะสม ก็สามารถที่จะช่วยลดการบาดเจ็บที่หลังส่วนล่างลงได้

3. <u>หน่วยงานประทับตัวเลขฯ</u>

หน่วยงานนี้มีสภาพความร้อนที่ทำการประเมินโดยใช้ดัชนีอุณหภูมิกระเปาะดำเปียก (WBGT) เท่ากับ 22.2°C ต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับอีกสองหน่วยงาน ในสถานที่ทำงานเป็นสถานที่โล่งในโรงงาน มีความเร็วลมตามธรรมชาติช่วยระบายอากาศในสถานที่ทำงานได้ดี และมีเปอร์เซ็นต์ความชื้นสัมพัทธ์สูงกว่าหน่วยงานอื่น เท่ากับ 65.8% ในหน่วยงานนี้ไม่มีความเกี่ยวข้องกับความร้อน (ความร้อนอยู่ในระดับปกติ) และมีภาระงานที่ไม่สูงมาก เพราะฉะนั้นการถ่ายเทความร้อนออกจากร่างกายสู่สภาพแวดล้อมเป็นไปด้วยดีจึงไม่มีปัญหาจากสภาวะความร้อนในสถานที่ทำงาน สามารถสรุปผลการประเมินโดยแยกเป็นหัวข้อความเครียดทางสรีรวิทยาและความเครียดทางโครงสร้างของกล้ามเนื้อและกระดูกได้ดังนี้ คือ

3.1 ความเครียดทางสรีรวิทยา

การตอบสนองความเครียดทางสรีรวิทยาของหน่วยงานนี้ สามารถแสดงได้ดังนี้

3.1.1 การเพิ่มขึ้นของอัตราการเต้นของหัวใจโดยเฉลี่ย เท่ากับ 11.8 ครั้ง/นาที

3.1.2 สัดส่วนร้อยละของการใช้ออกซิเจนสูงสุดโดยเฉลี่ย เท่ากับ 19.5% ของความสามารถสูงสุดในการทำงาน

3.1.3 การใช้พลังงานโดยเฉลี่ย เท่ากับ 143.7 กิโลแคลอรี/ชั่วโมง

3.1.4 การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิทางปากโดยเฉลี่ย เท่ากับ -0.1°C

3.1.5 การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิของผิวหนังโดยเฉลี่ย เท่ากับ 0.4°C

การเพิ่มขึ้นของอัตราการเต้นของหัวใจ สัดส่วนร้อยละของการใช้ออกซิเจนสูงสุด และการใช้พลังงานของพนักงานในหน่วยงานประทับตัวเลขฯ นั้นน้อยกว่าในหน่วยงานอื่น ทั้งนี้เนื่องจากหน่วยงานนี้มีภาระงานไม่สูงมากและไม่ได้สัมผัสกับสภาพความร้อน จึงทำให้มีการเพิ่มขึ้นของอัตราการเต้นของหัวใจในขณะทำงานจากในขณะพัก สัดส่วนร้อยละของการใช้ออกซิเจนสูงสุดและการใช้พลังงานต่ำกว่าหน่วยงานอื่น จากภาระความร้อนที่แตกต่างกันของหน่วยงานประทับตัวเลขฯ กับหน่วยงานเทน้ำเหล็กทำให้หน่วยงานทั้งสองมีการเพิ่มขึ้นของอัตราการเต้นของหัวใจในขณะทำงานจากในขณะพัก (DHR) แตกต่างกัน อัตราการเต้นของหัวใจของพนักงานเทน้ำเหล็กที่สูงกว่าแสดงให้เห็นถึงการตอบสนองของร่างกายเพื่อถ่ายเทความร้อนออกสู่ภายนอก ซึ่งมีความสอดคล้องกับการวัดผลโดยใช้การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิทางปากและอุณหภูมิผิวหนัง แสดงให้เห็นถึงความแตกต่างในการตอบสนองความเครียดทางสรีรวิทยาจากความร้อนได้อย่างชัดเจน

เมื่อทำการประเมินการตอบสนองความเครียดทางสรีรวิทยาของหน่วยงานประทับตัวเลขฯ โดยใช้ %HRW (Intaranont และ Vanwontaghem, 1993), %VO_2max (Astrand และ Rodahl, 1977), TEHB และ MEHB (Vogt, 1986) และ TOTEHB (Hettinger และ คณะ, 1968) รวมถึงการประเมินสภาพความร้อนกับการใช้พลังงานตามมาตรฐานของ OSHA (1974) สรุปได้ว่า ไม่มีค่าใดเกินเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ งานนี้จึงไม่เป็นภาระงานที่หนักจนเกินไปที่จะทำให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพของผู้ปฏิบัติงาน และจากการทดสอบพบว่าในหน่วยงานนี้ไม่มีการใช้พลังงานที่เกินขีดจำกัดการใช้พลังงานทำงานในผู้ชายของ Ayoub และ Mital (1989) ที่ไม่เกิน 5.0 กิโลแคลอรี/นาที จึงไม่ก่อให้เกิดความล้าของร่างกายในการทำงาน แต่มีปัญหาหนึ่งที่ควรดำเนินการแก้ไขให้กับพนักงานนั่นก็คือปัญหาความเครียดทางจิตใจ จากการสอบถามพนักงานพบว่าพนักงานส่วนใหญ่มีความเห็นว่างานในหน่วยงานนี้น่าเบื่อและไม่มีความเป็นอิสระในการทำงาน รวมถึงปัญหาสภาพ

แวดล้อมในสถานที่ทำงานที่ไม่ดี เช่น เสียงและฝุ่น เป็นต้น ซึ่งมีวิธีที่เสนอแนะในการแก้ไขดังต่อไปนี้ คือ

1) ปัญหาความเครียดทางด้านจิตใจสามารถแก้ไขได้โดยการจัดให้มีกิจกรรมสันทนาการต่างๆ ที่ไม่ก่อให้เกิดความเครียดทางจิตใจ เช่น การเปิดเพลงให้ฟังตามสายเพื่อให้พนักงานได้รู้สึกสบายในขณะทำงาน หรือการหมุนเวียนงานโดยให้พนักงานเปลี่ยนแบบสับเปลี่ยนมาทำหน้าที่แทนพนักงานประทับตัวเลขฯ เป็นต้น

2) ปัญหาสภาพแวดล้อม เช่น ฝุ่นและเสียงดัง ผู้บริหารควรกวดขันวินัยในการใช้อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคลและควรจัดหาอุปกรณ์เหล่านี้ให้พนักงานได้ใช้อย่างครบถ้วนและเพียงพอ เช่น ผ้าปิดจมูกกันฝุ่น ที่เสียบหู (Ear Plugs) หรือที่ครอบหู (Ear Muffs) เป็นต้น รวมถึงควรมีการจัดการกับสภาพแวดล้อมที่ไม่ดีเหล่านั้นให้อยู่ในสภาพที่ปลอดภัย เช่น ให้รถดูดฝุ่นเข้ามาวิ่งในบริเวณสถานที่ทำงานให้มากขึ้นหรือควรซ่อมแซมระบบดูดฝุ่นของโรงงานให้พร้อมที่จะใช้งานอยู่เสมอ เป็นต้น

3.2 ความเครียดทางโครงสร้างของกล้ามเนื้อและกระดูก

การตอบสนองความเครียดของโครงสร้างกล้ามเนื้อและกระดูกในหน่วยงานนี้มีมากกว่าในหน่วยงานอื่น ดังจะเห็นได้จากการประเมินความล้าเฉพาะส่วนของหน่วยงานนี้อยู่ในระดับที่สูงโดยเฉพาะในบริเวณหลัง จากการตรวจวัดสัดส่วนร้อยละของคลื่นไฟฟ้าของกล้ามเนื้อหลังส่วนล่างสูงสุด (%Sub-MVE) ด้านขวาและด้านซ้าย เท่ากับ 22.6% และ 25.7% ตามลำดับ ถ้าหากเปรียบเทียบกับมาตรฐานที่อ้างถึงโดยอำนาจ เสตสุวรรณ (2537) ซึ่งอยู่ในช่วง 30% แล้วพบว่าไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานความปลอดภัยที่กำหนด แต่จากผลของข้อมูลการทดสอบตลอดช่วงการทำงานจะเห็นได้ว่ามีค่าคลื่นไฟฟ้าสูงสุด (peak) ที่เกินเกณฑ์มาตรฐานหลายค่าและจากลักษณะการทำงานของหน่วยงานนี้ที่เป็นการทำงานแบบซ้ำซากมีรอบเวลาการทำงานน้อยกว่า 2 นาที, มีการลักษณะการเคลื่อนไหวใช้งานกล้ามเนื้อหลังส่วนล่างซ้ำๆ กันตลอดช่วงเวลาการทำงาน, และมีลักษณะท่าทางการทำงานที่ผิดธรรมชาติ เช่น การก้มตัวลงไปทำงานที่ต่ำกว่าระดับข้อศอก 5 เซนติเมตร ทำให้เกิดโมเมนต์ที่มากระทำกับหลังส่วนล่างมากอันเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดปัญหาการบาดเจ็บที่หลัง การปวดหลังและการเสื่อมของหมอนรองกระดูก หรือการที่พนักงานต้องยืนทำงานโดยตลอดไม่มีเก้าอี้ให้นั่งพักในบริเวณสถานีงานทำให้พนักงานปวดเมื่อยบริเวณช่วงล่างของลำตัวมาก เช่น บริเวณขา เข่าและเท้า เป็นต้น (จากการประเมินความล้าเฉพาะส่วน) จากผลการประเมินทำให้เห็นได้ว่าหน่วยงานนี้มีปัญหาทางด้านโครงสร้างของกล้ามเนื้อและกระดูกมากกว่าหน่วยงานอื่นซึ่งควรมีการดำเนินการแก้ไขปัญหาดังกล่าวให้ลดน้อยลงโดยด่วน ผู้วิจัยได้เสนอ

แนะวิธีการที่จะช่วยลดภาระงานที่กระทำกับกล้ามเนื้อหลังส่วนล่างดังนี้ คือ ในบริเวณสถานที่ทำงานควรจัดหาเก้าอี้แบบกึ่งนั่งกึ่งยืนให้พนักงานเพื่อลดปัญหาการปวดเมื่อยบริเวณช่วงล่างของลำตัวที่เกิดจากการยืนทำงานนานๆ ส่วนการโก้งโค้งลำตัวอยู่นานเพื่อที่จะเอาค้อนไม้ตอกตัวเลขลงบนแบบหล่อทรายนั้นอาจแก้ไขได้โดยใช้เครื่องมือที่ทันสมัยยิงตัวเลขลงบนแบบหล่อทรายหรือใช้เครื่องมือที่มีน้ำหนักพอเหมาะกดลงไปในแบบหล่อทรายให้เกิดตัวเลขได้ทันที และในสายการผลิตของแบบหล่อทรายนั้นเนื่องจากมีการติดตั้งสายการผลิตมานานและเป็นโครงสร้างที่ใหญ่จึงไม่สามารถที่จะเพิ่มระดับความสูงของสายการผลิตให้เหมาะสมกับผู้ปฏิบัติงานได้ เพราะฉะนั้นจึงควรใช้วิธีการเจาะพื้นให้มีระดับต่ำลงพอเหมาะกับความสูงของผู้ปฏิบัติงานซึ่งทำให้ในขณะทำงานไม่ต้องก้มหลังมาก รวมถึงควรจัดหาคนไว้สำหรับสับเปลี่ยนให้พนักงานได้พักจากความล้าของกล้ามเนื้อเฉพาะส่วนที่มาก เช่น สับเปลี่ยนหน้าที่กับพนักงานเปลี่ยนแบบที่มีหน้าที่หลักในการควบคุมสายการผลิตแบบหล่อทรายและเปลี่ยนแบบหล่อทรายซึ่งไม่ได้ใช้งานกล้ามเนื้อเฉพาะส่วนมากมาทำงานในหน้าที่ประทับตัวเลขแทนและสับเปลี่ยนให้พนักงานประทับตัวเลขฯ ไปทำหน้าที่เปลี่ยนแบบ

ข้อเสนอแนะสำหรับการปรับปรุงแก้ไขการทำงานในสภาพความร้อน

1. ในการคัดเลือกพนักงานเข้าทำงานนั้นควรคัดเลือกบุคคลที่มีสุขภาพดี มีความเหมาะสมในการทำงานในสภาพความร้อนสูง อันได้แก่

- มีสัดส่วนต่อพื้นที่ผิวของร่างกายต่อน้ำหนักตัวมาก (คนที่ไม่อ้วนจนเกินไป) ซึ่งทำให้มีการใช้พลังงานเกิดขึ้นน้อยและกระบวนการแลกเปลี่ยนความร้อนเกิดขึ้นได้ดี
- เป็นผู้ที่มีความคุ้นเคยกับสภาพความร้อนเป็นอย่างดีหรือควรจัดให้มีการปรับสภาพของร่างกายให้มีความคุ้นเคยกับสภาพความร้อนก่อนเริ่มทำงาน
- ไม่มีโรคภัยไข้เจ็บ เช่น โรคหลอดเลือดและหัวใจ ไต ตับ ระบบต่อมไร้ท่อ ปอดและผิวหนัง เป็นต้น เนื่องจากจะเป็นอันตรายเพิ่มขึ้นหากทำงานในสภาพความร้อนสูง
- ไม่มีนิสัยติดสุรา ซึ่งพิษของแอลกอฮอล์จากสุราจะทำให้สาร ADH ในร่างกายทำงานผิดปกติ ส่งผลให้มีการขาดน้ำในปัสสาวะและในร่างกาย ทำให้กระบวนการในการระเหยเหงื่อเกิดขึ้นได้น้อย และมีความอ่อนเพลียในการทำงานเร็ว
- ไม่มีความประมาทเลินเล่อในการทำงาน
- เป็นผู้ที่มีวินัยในการเคารพกฎความปลอดภัยในโรงงาน

2. พยายามจัดหาที่พักซึ่งมีการถ่ายเทอากาศที่ดี หรือมีความเย็นเพียงพอที่จะให้ร่างกายมีการฟื้นตัวจากความล้าได้อย่างเต็มที่ จัดให้มีระยะเวลาการสัมผัสความร้อนที่น้อยลงและมีระยะเวลาพักมากขึ้นซึ่งอาจใช้วิธีการเพิ่มจำนวนคนในหน่วยงานเทน้ำเหล็กซึ่งจะทำให้ระยะเวลาพักของพนักงานต่อคนเพิ่มขึ้น และควรจัดหาน้ำดื่มที่เติมเกลือแร่เพื่อชดเชยน้ำและเกลือแร่ที่สูญเสียไปกับเหงื่อในขณะทำงาน

3. การจัดหาอุปกรณ์ที่ใช้ในการป้องกันสภาพความร้อนที่ต้องสัมผัสอยู่ตลอดเวลา เช่น ชุดป้องกันความร้อนที่บุฉนวนหรือชุดที่สะท้อนความร้อนจากการแผ่รังสีความร้อน เป็นต้น

ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยในอนาคต

1. งานวิจัยนี้กระทำขึ้นในภาคสนามในโรงงานหล่อโลหะ ซึ่งไม่สามารถควบคุมปัจจัยจากสภาพแวดล้อมอื่นๆ และความแตกต่างทางด้านบุคคลได้ เพราะฉะนั้นจึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในโรงงานอื่นเพื่อเปรียบเทียบผลที่ได้กับในโรงงานนี้ และเป็นการเพิ่มจำนวนผู้ถูกทดสอบมาเก็บไว้ในฐานข้อมูลซึ่งทำให้มีความถูกต้องแม่นยำขึ้น

2. ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในกิจกรรมอื่นของโรงงานที่ต้องสัมผัสกับความร้อนสูงอยู่ตลอดเวลา เช่น พนักงานท้ายรางซึ่งมีหน้าที่เอาชิ้นงานออกจากทรายร้อน พนักงานตักทรายที่ทำงานอยู่ในสภาพร้อนอยู่ตลอดเวลา เป็นต้น

3. ควรมีการศึกษาปัจจัยร่วมของสภาพแวดล้อมอื่น เช่น แสง เสียง ฝุ่น กับสภาพความร้อนที่ทำให้เกิดความล้าในสถานที่ทำงาน

4. จากการวิจัยนี้พบว่ามีทั้งลักษณะการทำงานและภาระงานที่มีผลต่อการตอบสนองของความล้าในการทำงานในที่ร้อน ฉะนั้นจึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในห้องทดลองถึงงานที่มีลักษณะการทำงานและภาระงานที่ใกล้เคียงกันแต่อยู่ในสภาพความร้อนที่ต่างกัน

5. ในหน่วยงานประทับตัวเลขฯ นั้นพบว่ามีความเครียดทางด้านจิตใจร่วมด้วย อาจมีการประเมินผลทางด้านความล้าทางจิตใจเพิ่มเติมในงานวิจัยต่อไป เช่น การตรวจวัดโดยใช้ CFF, การวัดเวลาการตอบสนอง (response time) หรือการใช้แบบสอบถามความล้า เป็นต้น