ผลของภาระความร้อนที่มีต่อความล้าในการทำงาน

นาย ภาณุ บูรณจารุกร

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2539

ISBN 974-636-385-9

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

T 174584 5 1 1

EFFECTS OF HEAT LOAD ON PHYSICAL FATIGUE AT WORK

Mr. Panu Buranajarukorn

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering

Department of Industrial Engineering
Graduate School
Chulalongkorn University

Academic Year 1996
ISBN 974-636-385-9

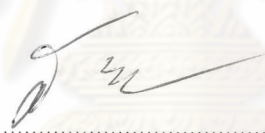
หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลของภาระความร้อนที่มีต่อความล้าในการทำงาน
โดย	นาย ภาณุ บูรณจารุกร
ภาควิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
อาจารย์ที่ปรึกษา	ศาสตราจารย์ ดร. กิตติ อินทรานนท์

บัณฑิตวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(ศาสตราจารย์ นายแพทย์ ศุภวัฒน์ ชุติวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์



..... ประธานกรรมการ

(ศาสตราจารย์ ดร. ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(ศาสตราจารย์ ดร. กิตติ อินทรานนท์)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. ชูเวช ชาญสง่าเวช)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ยุทธชัย บรรเทิงจิตร)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

ภาณุ บูรณจารุกร : ผลของภาระความร้อนที่มีต่อความล้าในการทำงาน (EFFECTS OF HEAT LOAD ON PHYSICAL FATIGUE AT WORK) อ.ที่ปรึกษา : ศ.ดร.กิตติ อินทรานนท์. 154 หน้า. ISBN 974-636-385-9

งานวิจัยนี้ได้ถูกออกแบบขึ้นมาเพื่อศึกษาถึงความล้าในการทำงานอันเนื่องมาจากภาระความร้อนในส่วนหน่วยงานของโรงงานหล่อโลหะในจังหวัดสระบุรี คือ หน่วยงานควบคุมเตาหลอม หน่วยงานเทน้ำเหล็กและหน่วยงานประทับตัวเลขบนแบบหล่อทราย โดยใช้วิธีการทางการยศาสตร์เพื่อประเมินภาระงานภายนอกและภาระงานภายใน คือ 1) การตรวจวัดสภาวะความร้อนและลักษณะงาน 2) การทดสอบทางด้านวัตถุวิสัยเพื่อวัดผลการตอบสนองทางสรีรวิทยาและโครงสร้างของกล้ามเนื้อและกระดูก และ 3) การทดสอบทางด้านจิตวิสัยโดยใช้แบบสอบถาม

ผลการประเมินเกณฑ์มาตรฐานการตอบสนองทางสรีรวิทยาและสภาพความร้อนของแต่ละหน่วยงานพบว่าอยู่ในช่วงเกณฑ์มาตรฐานความปลอดภัย ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

1) หน่วยงานควบคุมเตาหลอม ภาระงานอยู่ในระดับปานกลางไม่สูงเกินไปเนื่องจากมีการจัดการสภาพงานซึ่งประกอบด้วยกำหนดการทำงาน-การพักและการสับเปลี่ยนสถานที่ทำงานที่ดีพอ ผลจากการศึกษาคลื่นไฟฟ้าของกล้ามเนื้อแสดงว่ากิจกรรมขนย้ายสารเติมแต่งและกิจกรรมตักกากน้ำเหล็ก ทำให้กล้ามเนื้อหลังส่วนล่างรับภาระมากซึ่งอาจสูงกว่าเกณฑ์ความปลอดภัย ข้อเสนอแนะเพื่อแก้ไขปัญหานี้คือ การใช้รถเข็นช่วยขนย้าย การปรับปรุงท่าทางการยก การยกระดับพื้นที่วางสารเติมแต่งให้สูงพอเหมาะ การตักกากน้ำเหล็กในปริมาณน้อยแต่มากครั้งและการลดความยาวของด้ามตักกากน้ำเหล็ก โดยงานนี้ไม่จำเป็นต้องกำหนดให้มีเวลาพักเนื่องจากพนักงานใช้พลังงานเกินขีดจำกัดความปลอดภัยไม่มากนักและเป็นระยะเวลาเพียง 20 นาที ในรอบการทำงาน 90 นาที เท่านั้น

2) หน่วยงานเทน้ำเหล็ก ภาระงานอยู่ในระดับเบาเนื่องจากมีการใช้พลังงานไม่เกินขีดจำกัดความปลอดภัย อย่างไรก็ตามการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิทางปากและอุณหภูมิผิวหนังสูงกว่าหน่วยงานอื่น ทั้งนี้เนื่องจากต้องทำงานสัมผัสกับความร้อนตลอดเวลาโดยไม่ได้ทำงานหรือพักในห้องที่มีความเย็นสบาย ปัญหานี้สามารถแก้ไขได้โดยการปรับปรุงสถานที่พักและที่ทำงานให้เหมือนกับในหน่วยงานควบคุมเตาหลอม ไม่มีสิ่งใดแสดงให้เห็นว่าหน่วยงานนี้ก่อให้เกิดปัญหาทางโครงสร้างกล้ามเนื้อและกระดูก

3) หน่วยงานประทับตัวเลขบนแบบหล่อทราย ภาระงานอยู่ในระดับที่ไม่สูงมากนัก แต่มีการร้องเรียนปัญหาทางโครงสร้างของกล้ามเนื้อและกระดูกมาก ทั้งนี้เนื่องจากมีลักษณะการทำงานที่ซ้ำซาก มีท่าทางการทำงานที่ผิดธรรมชาติและต้องยืนทำงานนาน อาจแก้ไขได้โดยการปรับระดับพื้นที่ยืนทำงานให้ต่ำลง การใช้เครื่องมือที่ทันสมัยยิงหรือกดตัวเลขและการจัดเก้าอี้แบบกึ่งนั่งกึ่งยืน ส่วนปัญหาอื่น ๆ เช่น สภาพแวดล้อมและความเครียดทางจิตใจนั้นสามารถแก้ไขได้โดยผู้บริหารควรจัดหาอุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคลให้เพียงพอและจัดการสภาพแวดล้อมให้เหมาะสม เช่น การจัดให้มีการหมุนเวียนงานและการจัดกิจกรรมสันทนาการต่าง ๆ ให้กับพนักงาน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ปีการศึกษา 2539 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

C816515 : MAJOR INDUSTRIAL ENGINEERING
KEY WORD: HEAT LOAD / PHYSICAL FATIGUE / EMG / PSYCHROMETER / OXYGEN CONSUMPTION

PANU BURANAJARUKORN:EFFECTS OF HEAT LOAD ON PHYSICAL FATIGUE AT WORK. THESIS ADVISOR : PROF.KITTI INTARANONT, Ph.D., 154 PP.
ISBN 974-636-385-9

This research was designed to study physical fatigue at work due to heat load in three sections of a foundry shop in Saraburi province ; furnace controlling, molds pouring and numbering on sand molds. Three ergonomics methods were employed to evaluate external and internal workload : 1) recording of hot environment of the work stations and job descriptions, 2) objective testing of physiological strain and musculoskeletal disorders, and 3) subjective testing using questionnaires.

The results from the evaluation of physiological strain and heat load are within safety limits which can be concluded as follows :

1) In the furnace controlling section, work load was considered to be moderate. This was because work organization, which consists of work-rest schedule and workplace rotation, is adequate. The results from EMG studies indicated that materials handling and slag removal activities caused higher load at low back, and probably greater than the safe limit. To reduce the back load, the recommendations are : the use of trolley, correction of lifting posture, adjusting the work height of mixing substance area, removing small amount of slag but more frequently and decreasing the length of slag removal handle. There is no need to specify rest period for this section because the workers exceed the safe limit only slightly and for just 20 minutes out of the 90-minute cycle.

2) In the molds pouring section, work load was light since required energy expenditure was less than the safe limit. However, higher values of oral and skin temperatures were recorded because workers worked continuously in hot environment without a cool place to work and rest. This problem could be solved by improving the resting and working areas as in the furnace controlling section. No evidence was found that showed that any musculoskeletal problems were created in this section.

3) In the numbering sand molds section, work load was acceptable but the musculoskeletal complaints were severe due to repetitive work, bad working posture and long standing time. This may be corrected by the adjustment of the work height by lowering the standing level of workers, the use of modern tools to number sand molds, and the provision of the sit-stand chair. For other problems, such as environment and psychological stresses, the management could provide adequate individual protective equipment. Work organization could also be improved using job rotation and recreational activities.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ปีการศึกษา 2539 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี ด้วยความกรุณาช่วยเหลือให้คำปรึกษาแนะนำอย่างใกล้ชิดจาก ศาสตราจารย์ ดร. กิตติ อินทรานนท์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รวมทั้งได้รับคำแนะนำอื่นๆ จากคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ อันมี ศาสตราจารย์ ดร. ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ รองศาสตราจารย์ ดร. ชูเวช ชาญสง่าเวช และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ยุทธชัย บรรเทิงจิตร ผู้วิจัยขอถือโอกาสกราบขอขอบพระคุณท่านอาจารย์ทั้งสามท่านเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้ด้วย ต้องขอขอบพระคุณสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือที่ได้เอื้อเฟื้อเครื่องมือให้ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ขอกราบขอบพระคุณคณะกรรมการผู้บริหารของบริษัทที่ได้เอื้อเฟื้อสถานที่และช่วยเหลือในการอำนวยความสะดวกทุกอย่างในการเก็บข้อมูลภาคสนามเป็นอย่างดี ขอขอบพระคุณเพื่อน พี่ๆ วิศวกร หัวหน้าหน่วยงานและเจ้าหน้าที่ประจำโรงงานที่ได้ช่วยในการประสานงาน ให้คำปรึกษาแนะนำและติดต่อประสานงานให้ความสะดวกทุกประการ รวมถึงขอกล่าวขอบพระคุณพี่ๆ น้องๆ พนักงานประจำหน่วยงานทั้งสามที่ให้ความร่วมมือในการทดสอบเป็นอย่างดี ขอขอบพระคุณน้ำใจเพื่อนๆ พี่ๆ น้องๆ พนักงานในแต่ละหน่วยงานที่ได้มอบให้ นอกจากนี้ขอขอบพระคุณผู้ที่เกี่ยวข้องทุกท่านจากห้องปฏิบัติการทางการยศาสตร์ รวมถึงเจ้าหน้าที่ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ไว้ ณ ที่นี้ด้วย

ท้ายสุดนี้ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ บิดา-มารดา ผู้มีพระคุณทุกท่านและครอบครัวที่คอยให้กำลังใจและความช่วยเหลือในทุกด้านแก่ผู้วิจัยจนสำเร็จการศึกษา

ภาณุ บูรณจารุกร

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญตาราง ..... ฌ

สารบัญรูปภาพ ..... ญ

บทที่

1. บทนำ 1

ที่มาและความสำคัญของปัญหา 1

วัตถุประสงค์ของการวิจัย 4

ขอบเขตของการวิจัย 4

ขั้นตอนในการดำเนินการศึกษาวิจัย 6

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการศึกษาวิจัย 7

2. ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง 8

นิยามความหมายที่เกี่ยวข้องกับความร้อน 8

แหล่งกำเนิดความร้อน 9

ลักษณะปัญหาของแหล่งกำเนิดความร้อน 13

กระบวนการแลกเปลี่ยนความร้อน 13

กฎของความสมดุลของความร้อน 16

ระบบควบคุมความร้อนของร่างกาย 17

ดัชนีความเค้นแห่งความร้อน 18

ดัชนีความเครียดแห่งความร้อน 20

ความล้าจากการทำงานและระยะเวลาการพักที่เหมาะสม 27

อันตรายและความเจ็บป่วยที่เกิดจากความร้อน 29

ปัจจัยในการทนต่อความร้อน 31

3. วิธีดำเนินการศึกษาวิจัย 34

งานที่ทำการศึกษาวิจัย 34

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 34

วิธีการดำเนินการศึกษาวิจัย 35
4. ผลการสำรวจและวิจัย 43
รายละเอียดทั่วไปของผู้ถูกทดสอบ 43
ลักษณะของภาระงาน 44
การประเมินภาระงานภายนอก 44
การประเมินภาระงานภายใน 54
การประเมินความล้าช่วงก่อน-หลังทำงานและความเจ็บปวดเชิงจิตวิสัย 66
ระยะเวลาการพักที่เหมาะสม 68
5. อภิปรายผล สรุปผลและข้อเสนอแนะ 70
อภิปรายผลการวิจัย 70
สรุปผลการวิจัย 71
ข้อเสนอแนะสำหรับการปรับปรุงแก้ไขการทำงานในสภาพความร้อน 80
ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยในอนาคต 81
รายการอ้างอิง 82
ภาคผนวก ก. 89
ภาคผนวก ข. 91
ภาคผนวก ค. 105
ภาคผนวก ง. 110
ภาคผนวก จ. 119
ภาคผนวก ฉ. 122
ภาคผนวก ช. 138
ภาคผนวก ซ. 141
ภาคผนวก ฌ. 146
ภาคผนวก ญ. 152
ประวัติผู้เขียน 154

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	ปัจจัยที่ใช้ในการพิจารณาเพื่อประเมินความร้อน	9
3.1	สรุปผลแบบสำรวจสุขภาพและแบบฟอร์มการสัมภาษณ์ของพนักงานแต่ละหน่วยงาน	37
3.2	สรุปผลแบบสอบถามความล้าเชิงจิตวิสัยของพนักงานหน้าที่ต่างๆ ก่อนการวิจัย	38
4.1	ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของลักษณะผู้ถูกทดสอบ	43
4.2	ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของสภาพแวดล้อมโดยใช้เครื่องมือวัดในแต่ละหน่วยงาน	50
4.3	ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของสภาพแวดล้อมจากแบบสอบถามในแต่ละหน่วยงาน	52
4.4	ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกำลังสถิตของกล้ามเนื้อมือขวาและซ้าย	55
4.5	ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิทางปากและอุณหภูมิของผิวหนัง	56
4.6	ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการเพิ่มขึ้นของอัตราการเต้นของหัวใจในขณะทำงานจากในขณะพัก (DHR) และการเพิ่มขึ้นของอัตราการเต้นของหัวใจเป็นร้อยละ (%HRW)	58
4.7	ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของสัดส่วนร้อยละของการใช้ออกซิเจนและสัดส่วนร้อยละของคลื่นไฟฟ้าของกล้ามเนื้อหลังส่วนล่างสูงสุด	60
4.8	ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการใช้พลังงานของพนักงาน	64
4.9	ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของภาระการตอบสนองด้วยการเต้นของหัวใจ	65
4.10	ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความล้าและความเจ็บปวดของร่างกายของพนักงาน	66

สารบัญรูปภาพ

รูปที่		หน้า
2.1	เปอร์เซ็นต์การสูญเสียความร้อนของกระบวนการระเหย การแผ่รังสีและการพาความร้อนโดยอุณหภูมิอากาศและพื้นผิวแวดล้อมที่แตกต่างกัน	15
2.2	กระบวนการควบคุมอุณหภูมิในร่างกายให้คงที่	18
2.3	แผนภูมิไซโครมิเตอร์เพื่อใช้หาเปอร์เซ็นต์ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ	20
2.4	การติดแผ่นอิเลคโตรดบนบริเวณหลังส่วนล่าง (L5/S1 disc)	23
2.5	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าคลื่นไฟฟ้าของกล้ามเนื้อ (EMG) กับภาระงาน	24
2.6	ปัจจัยด้านต่างๆ ที่เป็นสาเหตุของการเกิดความล้า	28
4.1	ความล้าของร่างกายเฉพาะส่วนของพนักงานแต่ละหน่วยงาน	67

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

AI	=	ดัชนีความไม่ปกติ
WBGT	=	ดัชนีอุณหภูมิกระเปาะดำเปียก
ET	=	ดัชนีอุณหภูมิที่พอใจ
^{o}C	=	องศาเซลเซียส
^{o}F	=	องศาฟาเรนไฮต์
%RH	=	เปอร์เซ็นต์ความชื้นสัมพัทธ์
BSA	=	พื้นที่ผิวของร่างกาย
W	=	น้ำหนักตัว
H	=	ส่วนสูง
FURNACE	=	หน่วยงานควบคุมเตาหลอม
MOLD	=	หน่วยงานเทน้ำเหล็ก
NUMBER	=	หน่วยงานประทับตัวเลขบนแบบหล่อทราย
DHR	=	การเพิ่มขึ้นของอัตราการเต้นของหัวใจในขณะทำงานจากในขณะพัก
%HRW	=	การเพิ่มขึ้นของอัตราการเต้นของหัวใจในขณะทำงานเป็นร้อยละ
TEHB	=	ภาระการตอบสนองด้วยการเต้นของหัวใจจากสภาวะความร้อน
MEHB	=	ภาระการตอบสนองด้วยการเต้นของหัวใจจากการทำงาน
TOTEHB	=	ผลรวมของภาระการตอบสนองด้วยการเต้นของหัวใจ
FIO_2	=	เปอร์เซ็นต์ออกซิเจนในอากาศที่หายใจเข้า
$FICO_2$	=	เปอร์เซ็นต์คาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศที่หายใจเข้า
VO_2	=	อัตราการใช้ออกซิเจนหรือปริมาณการใช้ออกซิเจน
VO_2max	=	อัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดหรือความสามารถสูงสุดในการทำงาน
$\%VO_2max$	=	สัดส่วนร้อยละของการใช้ออกซิเจนสูงสุด
EMG	=	ค่าคลื่นไฟฟ้าของกล้ามเนื้อ
Sub-MVE	=	ค่าคลื่นไฟฟ้าของกล้ามเนื้อหลังส่วนล่างสูงสุด
%Sub-MVE	=	สัดส่วนร้อยละของคลื่นไฟฟ้าของกล้ามเนื้อหลังส่วนล่างสูงสุด
%Sub-MVE Right	=	สัดส่วนร้อยละของคลื่นไฟฟ้าของกล้ามเนื้อหลังส่วนล่างด้านขวาสูงสุด
%Sub-MVE Left	=	สัดส่วนร้อยละของคลื่นไฟฟ้าของกล้ามเนื้อหลังส่วนล่างด้านซ้ายสูงสุด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย