

การศึกษาการตรวจจับรอยขีดข่วนบนแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูล โดยอาศัยกล้องตรวจจับความร้อน

The Study of Scratch Detection on Magnetic Disks by Using A Thermal Infrared Camera

ยุทธศักดิ์ ทอดทอง(Yutthasak Todtong)¹ ปรีชา ธานานันต์(Preecha Thanananta)²
วิชัย ประเสริฐเจริญสุข(Vichai Prasertcharoensuk)² มงคล ลีประกอบบุญ(Mongkol Leeprakobboon)³
สุภาวดี สวัสดิ์พิพรพลภค(Supawadee Swatdiponphallop)³ อำนาจ สุขศรี (Amnart Sukstri)³
อภิรัฐ ศิริธราธิวัตร (Apirat Siritaratiwat)^{3*}

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันอุตสาหกรรมฮาร์ดดิสก์มีความต้องการความจุที่มากขึ้น ในขณะที่ฮาร์ดดิสก์มีขนาดเล็กลงทำให้ระยะระหว่างหัวเขียน/อ่าน กับแผ่นมีระยะสั้นลงไปด้วย ซึ่งอาจจะเกิดการสัมผัสกันระหว่างหัวเขียน/อ่านกับแผ่นและเป็นสาเหตุทำให้เกิดรอยขีดข่วน ในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการตรวจจับรอยขีดข่วนบนแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลโดยอาศัยกล้องตรวจจับความร้อน โดยจ่ายกระแสไฟฟ้ากระแสตรงและกระแสสลับไปยังผิวหน้าของแผ่น เพื่อให้แผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลมีความร้อน จากการศึกษพบว่าไม่ว่าจะเป็นการจ่ายกระแสตรงหรือกระแสสลับ ภาพความร้อนที่เกิดขึ้นมีความคล้ายคลึงกัน คือไม่สามารถตรวจจับรอยขีดข่วนได้ เพราะรอยขีดข่วนมีขนาดเล็กมากทำให้ค่าการแผ่รังสีความร้อนที่ตำแหน่งมีรอยขีดข่วนและไม่มีรอยขีดข่วนนั้นมีค่าใกล้เคียงกัน แต่สามารถปรับปรุงได้โดยใช้เทคนิคพิเศษ โดยให้แผ่นนั้นมีการแผ่รังสีความร้อนที่แตกต่างกัน และพบว่ากล้องตรวจจับความร้อนสามารถตรวจจับรอยขีดข่วนได้ชัดเจนมากยิ่งขึ้น

Abstract

Presently, hard disks require a greater recording density as their sizes are increasing. This results in a lessened distance between the inscriber/reader heads and the disks, which in turn may cause contact between the disk surface and the head, and hence unwanted scratches. This study attempted to detect scratches on magnetic disks by using a thermal infrared camera. When direct and alternate currents are applied on the disk surface, the thermographs are similar, i.e., no scratches have been detected since they are too small. The different emissivity between the scratched

¹นักศึกษาระดับปริญญาโท คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

²ผู้ศาสตราจารย์ ภาควิชาไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

³รองศาสตราจารย์ ภาควิชาไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

*corresponding author, e-mail: apirat@kku.ac.th

and normal surfaces is similar. However, an alternative detection method can be improved by a different emissive surface technique, which results in a clearer detection of scratches.

คำสำคัญ: กล้องถ่ายภาพความร้อน, การตรวจจ็บรอยขีดข่วน, แผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูล

Keywords: Thermal infrared camera, Scratch detection, Magnetic disk

บทนำ

อุตสาหกรรมฮาร์ดดิสก์ไครฟ์เป็นอุตสาหกรรมที่มีการเติบโตอย่างรวดเร็ว การตรวจสอบคุณภาพและประสิทธิภาพของการเก็บข้อมูลบนแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูล (Magnetic disk) ในฮาร์ดดิสก์ไครฟ์นั้น จะต้องมีการตรวจสอบคุณภาพของแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลไม่ให้มีรอยขีดข่วนหรือรอยบดปกร่อง ซึ่งเกิดจากการปลูกชิ้นสารในกระบวนการผลิต (Ronkainen et al., 2001) และเนื่องจากระยะห่างระหว่างหัวอ่าน/เขียน และแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลมีระยะต่ำมาก อยู่ในระดับนาโนเมตร (Poh et al., 2007) ดังนั้นหัวอ่าน/เขียนหรือแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลอาจสัมผัสกันทำให้เกิดรอยขีดข่วนได้ ซึ่งรอยขีดข่วนดังกล่าวนี้จะส่งผลถึงความเสียหายของข้อมูลที่บันทึกในแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูล การวิเคราะห์พื้นผิวของแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูล มีอยู่หลายวิธี เช่น AFM (Atomic force microscopy), MFM (Magnetic force microscopy), AES (Electron spectroscopy) และ Raman spectroscopy (Johannes et al., 2001) วิธีการต่างๆ เหล่านี้ล้วนมีขีดจำกัดของแต่ละวิธีแตกต่างกัน เช่น ใช้เวลานาน มีความซับซ้อน และเครื่องมือค่อนข้างแพง ดังนั้นเพื่อให้การตรวจจ็บรอยขีดข่วนนั้นเป็นไปอย่างรวดเร็ว จึงเป็นที่มาของการพัฒนากระบวนการตรวจจ็บรอยขีดข่วนบนแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูล โดยใช้กล้องตรวจจ็บความร้อน โดยกล้องถ่ายภาพความร้อนจะอาศัยคลื่นอินฟราเรดที่อยู่ระหว่างที่ความยาวคลื่น ระหว่าง 0.75-14 ไมโครเมตร (Chia-Chi et al., 2008) กล้องถ่ายภาพความร้อนจะรับคลื่นอินฟราเรดที่แผ่จากผิวหน้าของวัตถุ กล่าวคือเมื่อมีความแตกต่างของอุณหภูมิบนผิวหน้ากับรอยขีดข่วน

คลื่นอินฟราเรด ที่แผ่ออกมาจากสองบริเวณย่อมต่างกัน จึงสามารถเห็นความแตกต่างของสีที่แสดงออกจากรูปภาพความร้อน (Jack, 2004)

1. วิธีการวิจัย หรืออุปกรณ์และระเบียบวิธีการวิจัย (Research Methodology)

การทดลองแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ 1. การตรวจจ็บรอยขีดข่วนเมื่อให้ความร้อนแก่แผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลโดยการจ่ายกระแส 2. การตรวจจ็บรอยขีดข่วนเมื่อให้ความร้อนแก่แผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลโดยการจ่ายกระแส ในขณะที่พื้นผิวมีการแผ่รังสีความร้อนที่ต่างกัน ทั้งนี้เนื่องจากพื้นผิวมีลักษณะมันวาว ส่งผลให้ค่าการแผ่ออก (emissivity) ณ ตำแหน่งรอยขีดข่วนกับพื้นผิวราบเรียบมีความแตกต่างกันน้อยมากดังสมการที่ 1

$$W = \epsilon \sigma T^4 \text{ [Watt/m}^2\text{]} \quad (1)$$

เมื่อ W คือ พลังงานที่แผ่ออก (Watt/m²)

ϵ คือ ค่าคงที่การแผ่ออกของวัสดุ ($0 < \epsilon < 1$)

σ คือ ค่าสเตฟาน-โบลต์ซมันส์ ($5.669 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$) และ

T คือ อุณหภูมิ (K).

ส่งผลให้พลังงานการแผ่รังสีมีขนาดใกล้เคียงกัน จึงมีเทคนิคพิเศษเพื่อให้กล้องถ่ายภาพความร้อนสามารถถ่ายภาพรอยขีดข่วนได้ จึงได้ทำการทดลองโดยฉายไฟที่มีลักษณะเป็นแถบลงบนแผ่น เพื่อให้พื้นผิวมีการแผ่รังสีความร้อนที่ต่างกัน และค่าพารามิเตอร์ที่ตั้งในตัวโปรแกรมของกล้องตรวจจ็บความร้อน (FLIR P640) คือ +20°C (+69°F) atmospheric temperature, 1 m (3.3 ft.) distance, 0.95 emissivity, +20°C (+69°F) reflected apparent temperature และ 50% relative humidity. ซึ่งเป็นค่าพื้นฐานที่กล้องแสดงภาพความร้อน

ได้ถูกต้องที่สุด และขีดความสามารถของกล้องถ่ายภาพความร้อนมีดังนี้

Accuracy (% of reading) $\pm 2^\circ\text{C}$ or $\pm 2\%$ of reading

Thermal sensitivity (50/60Hz) 0.06°C at 30°C

Spectral range 7.5 to 13 μm

External display 5.6 in., 1024 x 600 Pixels

โดยการทดลองทั้งสองนี้ได้ทดลองกับชุดทดสอบการตรวจจับรอยขีดข่วน บนแผ่นบันทึกข้อมูลฮาร์ดดิสก์ (ยี่ห้อซีจี, 2551) กับชุดมอเตอร์ที่หมุนด้วยความเร็ว 0.16 rad/sec ซึ่งเป็นความเร็วที่สอดคล้องกับความเร็วขดเตอร์ที่กล้องสามารถถ่ายได้ และเพื่อให้การถ่ายภาพความร้อนนั้น สามารถถ่ายภาพได้ทุกๆ พื้นผิวของแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลได้

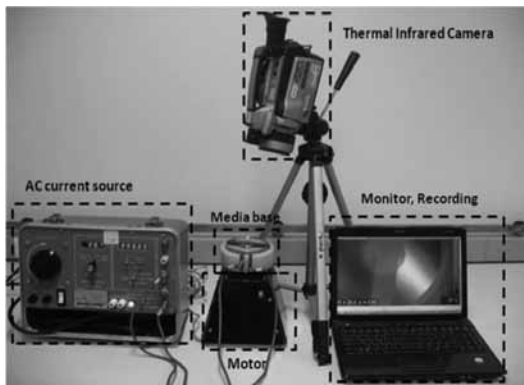
2.1 การตรวจจับรอยขีดข่วนเมื่อให้ความร้อนกับแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลโดยการจ่ายกระแส

การทดลองนี้เป็นการเปรียบเทียบภาพความร้อนระหว่างการจ่ายกระแสสลับและกระแสตรง เพราะจากหลักการกระแสสลับจะมีการไหลของกระแสที่พื้นผิวได้ดีกว่ากระแสตรงจึงทำการเปรียบเทียบภาพความร้อนที่เกิดขึ้นว่าการจ่ายกระแสสลับหรือกระแสตรงจะสามารถเห็นรอยขีดข่วนได้ชัดเจนกว่า ซึ่งการจ่ายกระแสสลับจ่ายที่ความถี่ 50 Hz เพราะขีดความสามารถของเครื่องที่ใช้ การทดลองการจ่ายกระแสแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

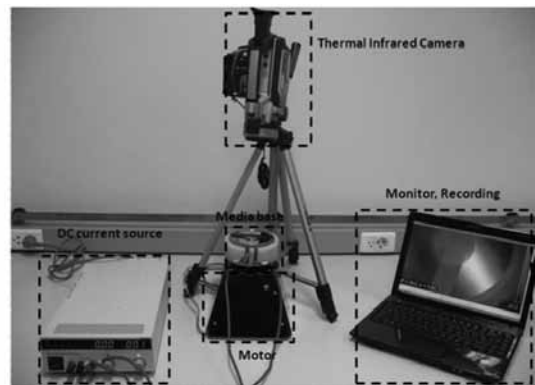
2.2.1 การจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ

2.2.2 การจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง

การติดตั้งอุปกรณ์ในการตรวจจับรอยขีดข่วนโดยกล้องตรวจจับความร้อนโดยการจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ และจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงดังแสดงในรูปที่ 1 (ก) และ (ข) ตามลำดับ



(ก)



(ข)

รูปที่ 1. แสดงการติดตั้งอุปกรณ์ในการตรวจจับรอยขีดข่วนโดยกล้องตรวจจับความร้อน

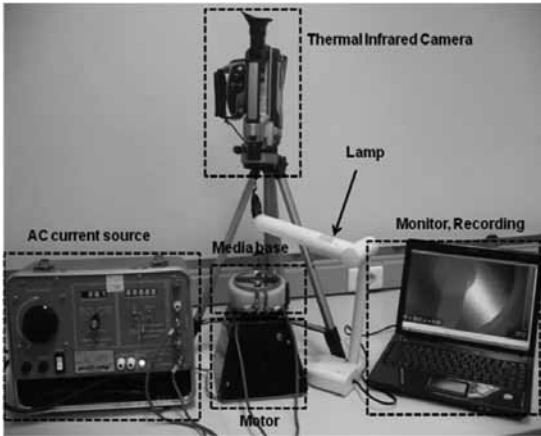
(ก) จ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ

(ข) จ่ายไฟฟ้ากระแสตรง

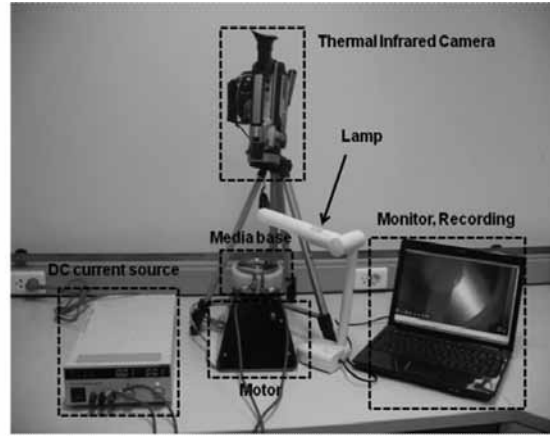
2.2 การตรวจจ็บรอยขีดข่วนเมื่อให้ความร้อน กับแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลโดยการจ่ายกระแส ที่พื้นผิวมีการแผ่รังสีความร้อนที่ต่างกัน

รูปที่ 2 แสดงการติดตั้งอุปกรณ์ในการ
ตรวจจ็บรอยขีดข่วนโดยกล้องตรวจจ็บความร้อนโดย

การจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับและจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงและ
ทำการฉายไฟที่มีลักษณะเป็นแถบลงบนแผ่น เพื่อให้พื้น
ผิวมีการแผ่รังสีความร้อนที่ต่างกัน



(ก)



(ข)

รูปที่ 2. แสดงการติดตั้งอุปกรณ์ในการตรวจจ็บรอยขีดข่วนโดยกล้องตรวจจ็บความร้อนในขณะที่พื้นผิวมีการแผ่รังสี
ความร้อนที่ต่างกัน

(ก) จ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ

(ข) จ่ายไฟฟ้ากระแสตรง

3. สรุปและอภิปรายผล/วิจารณ์ผลการวิจัย (Results and Discussion)

3.1 ผลการตรวจจ็บรอยขีดข่วนเมื่อให้ ความร้อนกับแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลโดยการจ่าย กระแสไฟฟ้า

ในการทดลองการตรวจจ็บรอยขีดข่วน
โดยการจ่ายกระแส โดยมีสมมติฐานว่า ในการตรวจจ็บ
รอยขีดข่วน เมื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าไปยังแผ่นแม่เหล็ก
บันทึกข้อมูลเพื่อให้เกิดความร้อน จะสามารถเห็นความ
แตกต่างของอุณหภูมิที่ตำแหน่งที่มีรอยขีดข่วนและไม่มี
รอยขีดข่วนได้มากขึ้นหรือชัดเจนขึ้น ทำการทดลองโดย
จ่ายไฟฟ้ากระแสสลับและกระแสตรงขนาด 30 A แล้ว
สังเกตภาพความร้อนที่เกิดขึ้นที่ได้จากกล้องตรวจจ็บ

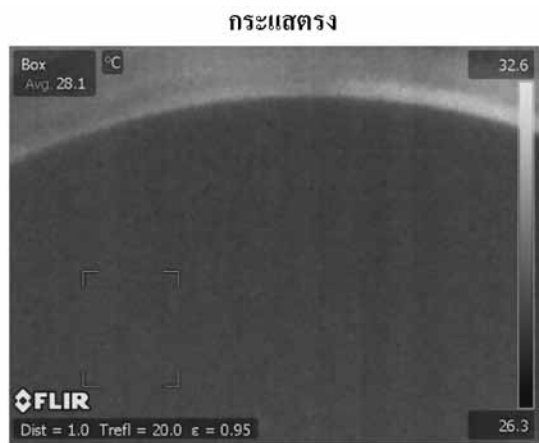
ความร้อน ซึ่งภาพความร้อนแสดงทุกๆ 15 นาที ตั้งแต่
เวลาเริ่มถ่าย จนหยุดถ่าย เป็นเวลา 30 นาที แล้วปรับ
ระดับระยะห่างระหว่างกล้องกับแผ่นแม่เหล็กบันทึก
ข้อมูลที่ 30 cm, 40 cm ซึ่งเป็นระยะใกล้ที่สุดที่กล้อง
สามารถถ่ายภาพได้ชัด โดยผลการทดลองแบ่งออกได้
ดังนี้

3.1.1 เปรียบเทียบภาพความร้อนเมื่อ
จ่ายไฟฟ้ากระแสตรงและสลับที่ระยะ 30 cm ดังแสดง
ในรูปที่ 3

3.1.2 เปรียบเทียบภาพความร้อนเมื่อ
จ่ายไฟฟ้ากระแสตรงและสลับที่ระยะ 40 cm ดังแสดง
ในรูปที่ 4



(ก) t = 0 นาที



(ข) t = 0 นาที



(ก) t = 15 นาที



(ข) t = 15 นาที



(ก) t = 30 นาที



(ข) t = 30 นาที

รูปที่ 3. ภาพความร้อนเมื่อจ่ายกระแสที่ระยะ 30 cm (ก) กระแสดลัด, (ข) กระแสดรง

3.2 ผลการตรวจจับรอยขีดข่วนเมื่อให้ความร้อนกับแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลโดยการจ่ายกระแสไฟฟ้า ในขณะที่พื้นผิวมีการแผ่รังสีความร้อนที่ต่างกัน

ผลการทดลองเป็นการเปรียบเทียบภาพความร้อนเมื่อจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับและกระแสตรงที่กระแสนขนาด 30 A แล้วปรับระดับระยะห่างระหว่างกล้องกับแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลที 30 cm, 40 cm และ 50 cm เพื่อเปรียบเทียบระยะที่เหมาะสมที่สามารถเห็นรอยขีดข่วนได้มากที่สุด และเปรียบเทียบภาพความร้อนที่เกิดขึ้นที่เวลาเริ่มถ่ายภาพเป็นเวลา 30 นาที โดยผลการทดลองแบ่งออกเป็นดังนี้

3.2.1 เปรียบเทียบภาพความร้อนเมื่อจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ ที่เวลาเริ่มต้นถ่ายภาพ ($t=0$) และหยุดถ่าย ($t=30$) ระยะ 30 cm ดังแสดงในรูปที่ 5 (ก) และ (ข) ตามลำดับ

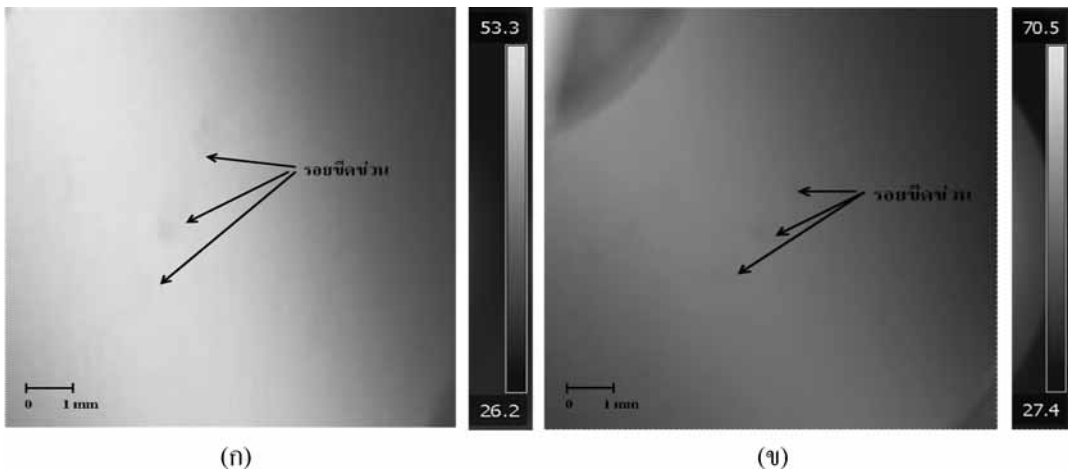
3.2.2 เปรียบเทียบภาพความร้อนเมื่อจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง ที่เวลาเริ่มต้นถ่ายภาพ ($t=0$) และหยุดถ่าย ($t=30$) ระยะ 30 cm ดังแสดงในรูปที่ 6 (ก) และ (ข) ตามลำดับ

3.2.3 เปรียบเทียบภาพความร้อนเมื่อจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ ที่เวลาเริ่มต้นถ่ายภาพ ($t=0$) และหยุดถ่าย ($t=30$) ระยะ 40 cm ดังแสดงในรูปที่ 7 (ก) และ (ข) ตามลำดับ

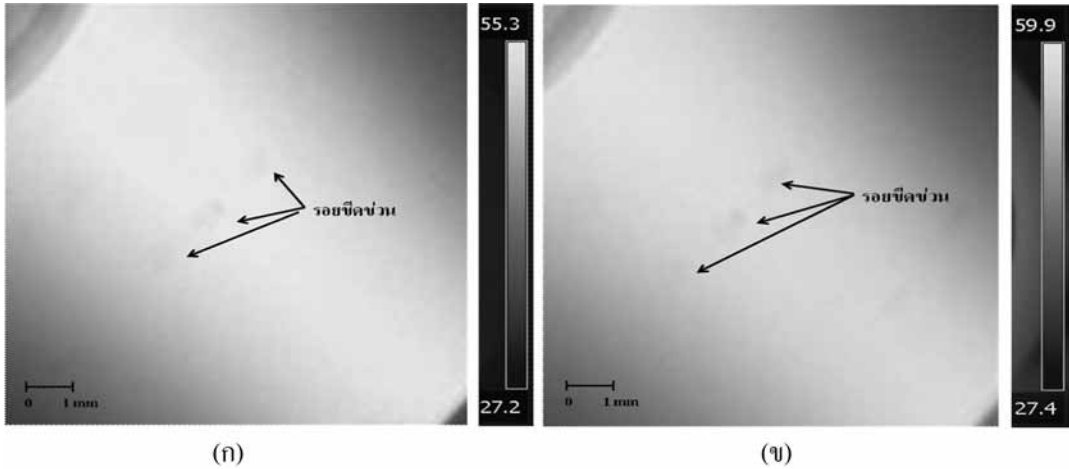
3.2.4 เปรียบเทียบภาพความร้อนเมื่อจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง ที่เวลาเริ่มต้นถ่ายภาพ ($t=0$) และหยุดถ่าย ($t=30$) ระยะ 40 cm ดังแสดงในรูปที่ 8 (ก) และ (ข) ตามลำดับ

3.2.5 เปรียบเทียบภาพความร้อนเมื่อจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ ที่เวลาเริ่มต้นถ่ายภาพ ($t=0$) และหยุดถ่าย ($t=30$) ระยะ 50 cm ดังแสดงในรูปที่ 9 (ก) และ (ข) ตามลำดับ

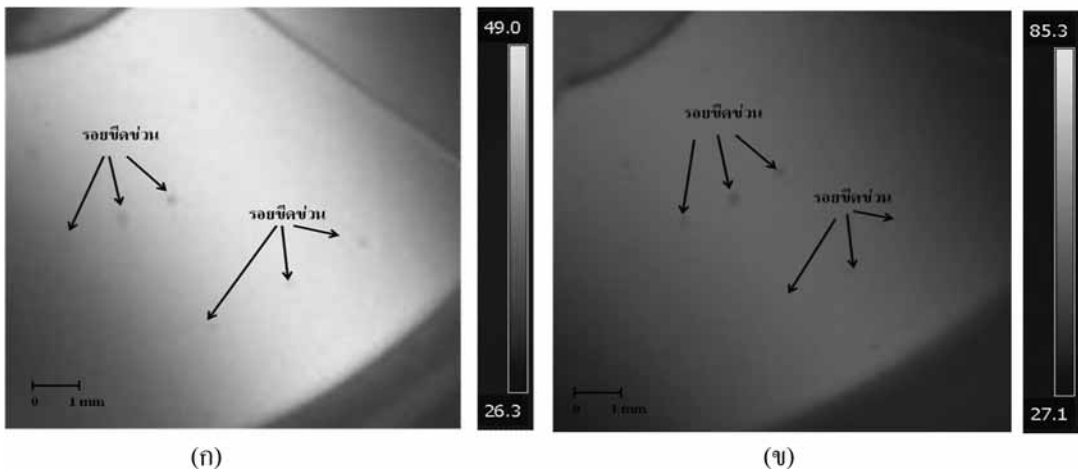
3.2.6 เปรียบเทียบภาพความร้อนเมื่อจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง ที่เวลาเริ่มต้นถ่ายภาพ ($t=0$) และหยุดถ่าย ($t=30$) ระยะ 50 cm ดังแสดงในรูปที่ 10 (ก) และ (ข) ตามลำดับ



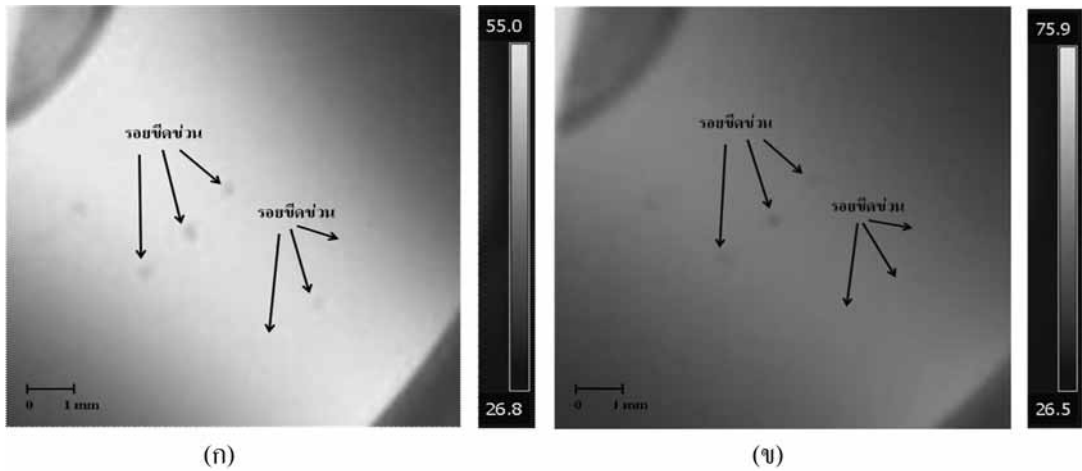
รูปที่ 5. ภาพความร้อน ณ ตำแหน่งเดิม โดยการจ่ายกระแสสลับ ในขณะที่พื้นผิวมีการแผ่รังสีความร้อนที่ต่างกัน ที่ระยะ 30 cm ก) เริ่มถ่าย (T=0), (ข) หยุดถ่าย (T=30)



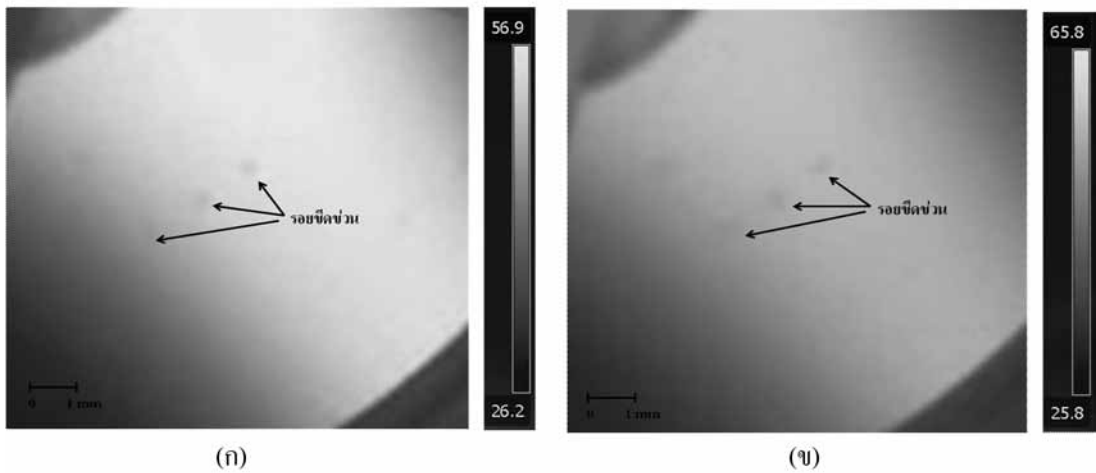
รูปที่ 6. ภาพความร้อน ณ ตำแหน่งเดิม โดยการจ่ายกระแสตรง ในขณะที่พื้นผิวมีการแผ่รังสีความร้อนที่ต่างกัน ที่ระยะ 30 cm (ก) เริ่มถ่าย (T=0), (ข) หยุดถ่าย (T=30)



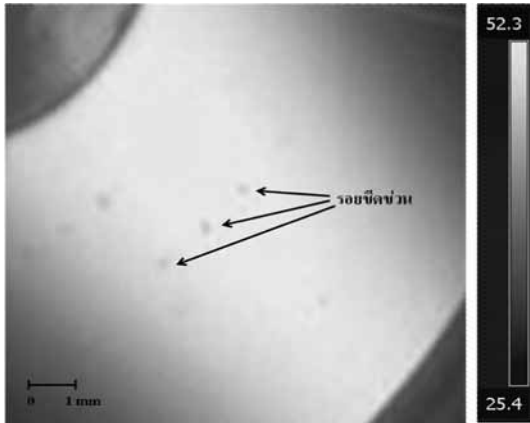
รูปที่ 7. ภาพความร้อน ณ ตำแหน่งเดิม โดยการจ่ายกระแสสลับ ในขณะที่พื้นผิวมีการแผ่รังสีความร้อนที่ต่างกัน ที่ระยะ 40 cm (ก) เริ่มถ่าย (T=0), (ข) หยุดถ่าย (T=30)



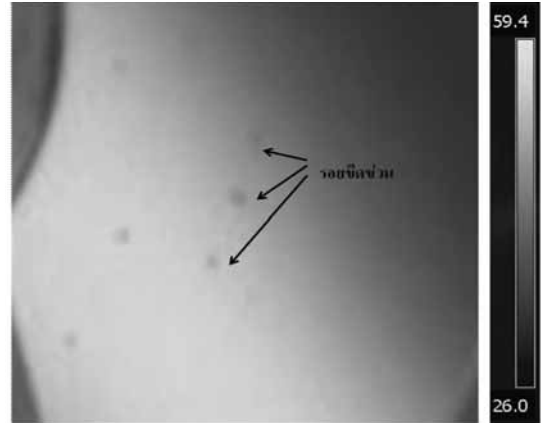
รูปที่ 8. ภาพความร้อน ณ ตำแหน่งเดิม โดยการถ่ายกระแสดตรง ในขณะที่พื้นผิวมีการแผ่รังสีความร้อนที่ต่างกัน ที่ระยะ 40 cm (ก) เริ่มถ่าย (T=0), (ข) หยุดถ่าย (T=30)



รูปที่ 9. ภาพความร้อน ณ ตำแหน่งเดิม โดยการถ่ายกระแสดลับ ในขณะที่พื้นผิวมีการแผ่รังสีความร้อนที่ต่างกัน ที่ระยะ 50 cm (ก) เริ่มถ่าย (T=0), (ข) หยุดถ่าย (T=30)



(ก)



(ข)

รูปที่ 10. ภาพความร้อน ณ ตำแหน่งเดิม โดยการจ่ายกระแสตรง เมื่อมีการสะท้อนความร้อนจากภายนอก ที่ระยะ 50 cm (ก) เริ่มถ่าย (T=0), (ข) หยุดถ่าย (T=30)

4. วิเคราะห์ผลการทดลอง

จากการทดลองการตรวจจ็บรอยขีดข่วน เมื่อให้ความร้อนกับแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลโดยการจ่ายกระแสไฟฟ้าทั้งสองแบบ คือที่ระยะ 30 cm และ 40 cm นั้น ให้ผลการทดลองออกมาคล้ายกันคือ การตรวจจ็บรอยขีดข่วนโดยการจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับและกระแสตรง ไม่สามารถเห็นความแตกต่างของอุณหภูมิที่ตำแหน่งมีรอยขีดข่วนและตำแหน่งที่ไม่มีรอยขีดข่วนได้ ซึ่งทำให้สมมติฐานที่ตั้งไว้ว่า เมื่อให้ความร้อนเพิ่มขึ้นจะทำให้เห็นความแตกต่างของอุณหภูมิที่ตำแหน่งที่มีรอยขีดข่วนและไม่มีรอยขีดข่วนได้นั้นผิด ซึ่งจากผลการทดลองที่ได้นั้นไม่สามารถเห็นรอยขีดข่วนได้ อาจเป็นเพราะพื้นผิวของแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลมีลักษณะมันวาวและรอยขีดข่วนมีขนาดเล็ก ค่าการแผ่ออกนั้นมีค่าใกล้เคียงกัน ส่งผลให้พลังงานการแผ่รังสีนั้นมีค่าใกล้เคียงกัน จึงทำให้การแยกแยะสีของอุณหภูมิที่ตำแหน่งที่มีรอยขีดข่วนและไม่มีรอยขีดข่วนไม่สามารถบอกความแตกต่างของอุณหภูมิได้ และกล้องถ่ายภาพความร้อนที่ใช้มีข้อจำกัดในเรื่องของการซูมภาพ เนื่องจากเลนส์ที่ใช้เป็นเลนส์ที่ไม่ได้ใช้กับการถ่ายภาพที่มีขนาดเล็ก จึงทำให้การทดลองสามารถเห็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นไม่ชัดเจน

เมื่อทำการตรวจจ็บรอยขีดข่วนเมื่อให้ความร้อนกับแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลโดยการจ่ายกระแสไฟฟ้า ในขณะที่พื้นผิวมีการแผ่รังสีความร้อนที่ต่างกัน จากการถ่ายภาพความร้อนที่เวลาเริ่มถ่ายจนหยุดถ่ายเป็นเวลา 30 นาที จากการถ่ายภาพความร้อนพบว่า ไม่ว่าจะเป็นการจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับหรือกระแสตรง ภาพความร้อนที่เกิดขึ้นสามารถเห็นรอยขีดข่วนชัดเจน ในช่วงเวลาเริ่มถ่าย กล่าวคือภาพความร้อนที่แสดงออกมาที่เวลาเริ่มถ่าย ความแตกต่างของอุณหภูมิที่ตำแหน่งที่มีรอยขีดข่วนและไม่มีรอยขีดข่วนนั้นมีความแตกต่างในช่วงเวลาเริ่มถ่ายแต่เมื่อเวลาผ่านไปความแตกต่างของอุณหภูมิที่ตำแหน่งที่มีรอยขีดข่วนและไม่มีรอยขีดข่วน เริ่มไม่เห็นความแตกต่างของอุณหภูมิได้ชัดเจน เมื่อเปรียบเทียบกับเวลาเริ่มต้น และรอยขีดข่วนที่ขนาดเล็กที่สุดที่สามารถตรวจจ็บได้คือ คือ ความกว้าง 40 μm ความยาว 370 μm และ ความลึก 1 μm วัดโดยกล้องจุลทรรศน์ถ่ายภาพ (OLMPUS BX51)

5. ข้อเสนอแนะ (Recommendations) เสนอแนะแนวทางการนำผลการวิจัยไปใช้

การทดลองนี้ให้เลนส์ถ่ายภาพปรกติ ซึ่งไม่สามารถสังเกตเห็นความแตกต่างของอุณหภูมิได้ชัดเจน สามารถปรับปรุงได้โดยการเปลี่ยนเลนส์ที่สามารถถ่าย

ภาพวัตถุชิ้นเล็กๆได้ ไม่ว่าจะเป็นเลนส์ซุ้ม หรือเลนส์มาโคร และเชื่อว่า จะเห็นความแตกต่างของอุณหภูมิที่บริเวณที่มีรอยขีดข่วนกับบริเวณที่ไม่มีรอยขีดข่วนได้ชัดเจนมากยิ่งขึ้น และสามารถนำเทคนิคการตรวจจ็บพื้นผิวที่มีลักษณะมันวาว โดยการทำให้บนพื้นผิวนั้นมีการแผ่รังสีความร้อนบนพื้นผิวที่แตกต่างกันไปใช้ในการถ่ายภาพที่มีลักษณะพื้นผิวที่คล้ายกัน เช่น พื้นผิวของกระจก และพื้นผิวของพลาสติก

กิตกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว), การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย(ขอนแก่น)และภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่อนุเคราะห์เครื่องมือ คณะวิจัยใคร่ขอขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

ยุทธศักดิ์ ทอดทอง, อภิรัฐ ศิริธราธิวัตร. 2551. อุปกรณ์และวิธีสำหรับการตรวจจ็บรอยขีดข่วน บนแผ่นบันทึกข้อมูลฮาร์ดดิสก์. **คำขอสิทธิบัตร**. 0801001596.

Chia-Chi C, Tao-Ming C and Chih-Hung C. 2008. Defect detection of concrete structures using both infrared thermography and elastic waves. **Automation in Construction**. 18: 87–92.

Jack P H. 2004. **Heat transfer**. The McGraw-Hill Companies.

Johannes W, Christian B, Heinz-Ludwig E, Dirk H, Johanna H, Jan M, Holger R, Christoph S, Michael W and Andreas W. 2001. Applied surface analysis in magnetic storage technology. **Applied surface Science**. 179:167-180.

Poh, W.C. Piramanayagam, S.N. Shi J.R. and Liew T.2007. Novel hybrid facing targets sputtered amorphous carbon overcoat for ultra-high density hard disk media. **Diamond & Related Materials**. 16: 379-387.

Ronkainen, H. Varjus, S. Koskinen J. and Holmberg K. 2001. Differentiating the tribological performance of hydrogenated and hydrogen-free DLC coatings. **Journal of Wear**. 249: 260–266.