การคิดค้นวัสดุแมกนีโตแคลอริกสำหรับเครื่องทำความเย็น

หัวหน้าโครงการ: ผศ.ดร.พงศกร จันทรัตน์[1]

นักวิจัยร่วมโครงการ: รศ.ดร.ยุทธนันท์ บุญยงมณีรัตน์[2], ดร.ธนกฤต โชติกาวริศ[3], ดร.นพเก้า สระแก้ว[4]

[1] ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

[2] สถาบันวิจัยโลหะและวัสดุ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

[3] สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

[4] สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ข้อมูลโครงการ

เป้าหมาย

1. สังเคราะห์ และศึกษาสมบัติเชิงกายภาพ สมบัติเชิงอุณหพลศาสตร์-แม่เหล็กของวัสดุแมกนีโตแคลอริกที่ปราศจากธาตุหายาก
2. ศึกษาผลของการปรับเปลี่ยนองค์ประกอบธาตุต่อการแสดงปรากฏการแมกนีโตแคลอริกของวัสดุตัวอย่างที่ปราศจากธาตุหายาก
3. ออกแบบและสร้างระบบตรวจวัดปรากฏการณ์แมกนีโตแคลอริก และระบบที่เกี่ยวข้องสำหรับใช้ศึกษาสมบัติทางแม่เหล็กของวัสดุ

ผลกระทบ

ระบบทำความเย็นเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของของมนุษยชาติอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ ส่งผลให้อุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องมีการขยายตัวอย่างต่อเนื่อง การมีจิตสำนึกในการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมทำให้มีการค้นความวิจัยเพื่อหาวัสดุทำความเย็นรูปแบบใหม่ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม และได้มีการพิสูจน์ให้เห็นในเชิงทฤษฎีแล้วว่าวัสดุแมกนีโตแคลอริกมีศักยภาพในการนำไปประยุกต์ใช้ในระบบทำความเย็น การศึกษาค้นคว้าเพื่อคิดค้นวัสดุแมกนีโตแคลอริก เป็นการเตรียมความพร้อมเพื่อรองรับนวัตกรรมความเย็นรูปแบบใหม่ และจะนำไปสู่การสร้างเครื่องทำความเย็นต้นแบบที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

งบประมาณ และช่วงเวลาดำเนินการ

งบประมาณที่ได้รับจัดสรรรวม : 2,995,000 บาท

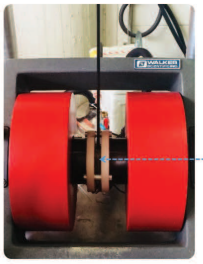
ช่วงเวลาดำเนินการ : 2560 - 2563

ความยั่งยืน

วัสดุฮอยเลอร์อัลลอยด์ สามารถแสดงปรากฏการณ์แมกนีโตแคลอริกในช่วงอุณหภูมิห้อง มีศักยภาพในการนำไปประยุกต์ใช้ในระบบทำความเย็นโดยอาศัยการเปลี่ยนแปลงสนามแม่เหล็กซึ่งเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

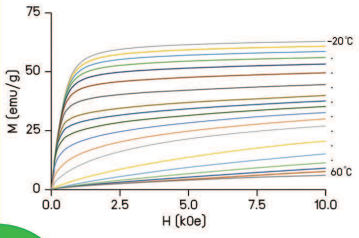
ระบบตรวจวัดปรากฏการณ์แมกนีโตแคลอริก

สามารถตรวจวัดปรากฏการณ์แมกนีโตแคลอริกภายใต้สนามแม่เหล็กสูงสุด 10 k0e ในช่วงอุณหภูมิ -35 ถึง 100 °C

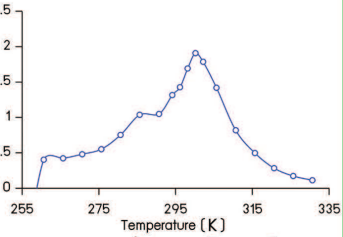


วัสดุตัวอย่างภายในท่อควบคุมอุณหภูมิ

อากาศถูกปั๊มผ่านท่อทองแดงที่ขดอยู่ภายในถังซึ่งถูกเติมด้วยน้ำแข็งแห้ง อัตราการไหลของอากาศถูกควบคุม เพื่อให้ไหลผ่านท่อที่ติดตั้งขดลวดความร้อนสำหรับควบคุมอุณหภูมิของอากาศที่ไหลผ่านวัสดุตัวอย่างในขณะที่ตรวจวัดโมเมนต์แม่เหล็กที่ขึ้นกับสนามแม่เหล็กภายนอก กราฟความสัมพันธ์ระหว่างโมเมนต์แม่เหล็กกับสนามแม่เหล็กที่อุณหภูมิต่างๆ จะถูกนำไปคำนวณหาการเปลี่ยนแปลงเอนโทรปีของวัสดุ



กราฟแมกนีไตเซชันที่อุณหภูมิต่างๆ

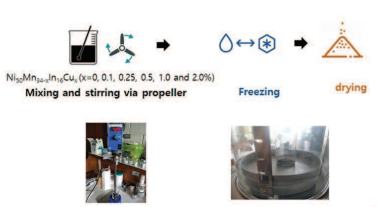


กราฟการเปลี่ยนแปลงเอนโทรปีแม่เหล็ก

ผลการวิจัย

วัสดุแมกนีโตแคลอริก

วัสดุแมกนีโตแคลอริกที่ปราศจากธาตุหายากเป็นองค์ประกอบ และสามารถแสดงปรากฏการณ์แมกนีโตแคลอริกได้ที่อุณหภูมิห้อง มีการปรับสัดส่วนองค์ประกอบธาตุเพื่อให้สามารถใช้ในการทำความเย็นได้ในช่วงอุณหภูมิที่กว้างขึ้น ตั้งแต่ 20 ถึง 42 °C



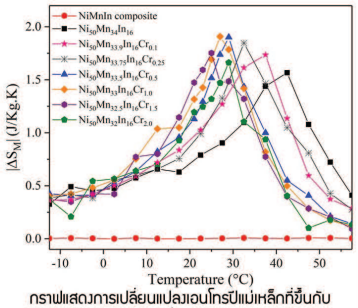
แผ่นวัสดุแมกนีโตแคลอริกแบบฮอยเลอร์อัลลอยด์

1 g of sample was pressed at 250 MPa in pellet shape with size 1 cm in diameter

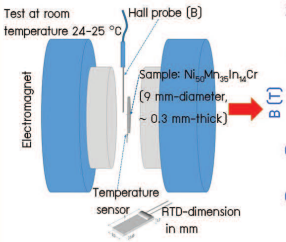
The ingot were encapsulated in a quartz tube filled with argon

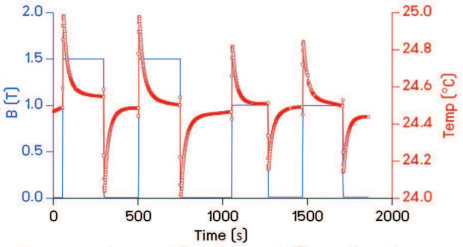
Sintered at 900°C for 1 h

แผนภาพขั้นตอนการเตรียมวัสดุฮอยเลอร์อัลลอยด์



กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงเอนโทรปีแม่เหล็กที่ขึ้นกับอุณหภูมิ ภายใต้การเปลี่ยนแปลงสนามแม่เหล็ก 1 T



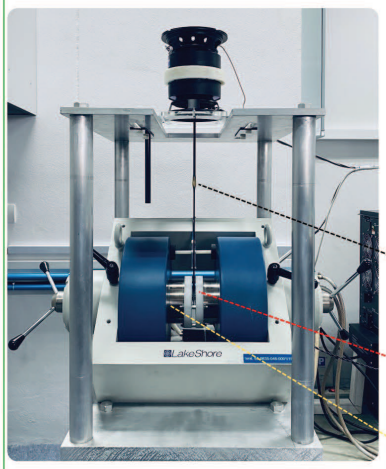


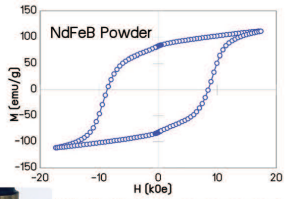
ทดสอบการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของวัสดุแมกนีโตแคลอริกภายใต้สนามแม่เหล็กที่อุณหภูมิห้อง

กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่ขึ้นการเปลี่ยนแปลงสนามแม่เหล็กของวัสดุแมกนีโตแคลอริกที่สังเคราะห์ได้จากโครงการ

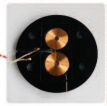
ปรับปรุงประสิทธิภาพแมกนีโตมิเตอร์แบบตัวอย่างสั่น

สามารถตรวจวัดสมบัติแม่เหล็กภายใต้สนามแม่เหล็กสูงสุดเพิ่มขึ้น 75% สามารถตรวจวัดสมบัติแม่เหล็กของวัสดุที่เป็นแม่เหล็กถาวรได้ และมีประสิทธิภาพในการตรวจวัดที่ดีขึ้น





เปลี่ยนรูปแบบการยึดจับที่ติดตั้งสามารถรักษาตำแหน่งของวัสดุตัวอย่างได้ดีขึ้น



ลดขนาดของขดลวดตรวจวัดให้ผลการวัดโมเมนต์แม่เหล็กมีค่าคงตัวในบริเวณกว้างขึ้น

ลดระยะห่างระหว่างขั้วแม่เหล็ก ลดความต้านทานทางแม่เหล็ก เพิ่มสนามแม่เหล็ก

Parameter	Before	After
Maximum field	10 k0e	17.5 k0e
Noise floor (1 s/point)	5×10^{-7} emu_{rms}	1.5×10^{-7} emu_{rms}
Dynamic range	1×10^{-6} -10^{3} emu	3×10^{-7} -10^{3} emu
Moment stability (per day for constant field)	Better than ±0.5% of reading	Better than ±0.1% of reading
Moment reproducibility (sample replacement)	Better than ±1% of reading	Better than ±0.25% of reading
Moment accuracy (geometrically identical test sample and calibrant)	Better than ±2.5% of reading	Better than ±1% of reading

ประสิทธิผล

องค์ความรู้ : การสังเคราะห์และวิเคราะห์สมบัติทางอุณหพลศาสตร์-แม่เหล็กของวัสดุแมกนีโคแคลอริกแบบฮอยเลอร์อัลลอยด์ที่ปราศจากธาตุองค์ประกอบที่เป็นธาตุหายากเพื่อประยุกต์ใช้ในระบบทำความเย็นในช่วงอุณหภูมิใกล้เคียงอุณหภูมิห้อง รวมถึงการออกแบบและสร้างเครื่องมือตรวจวัดและวิเคราะห์สมบัติที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์แมกนีโตแคลอริก

ผลผลิต: นักวิจัยหลังปริญญาเอก (1), นักศึกษาปริญญาเอก (กำลังศึกษา 1), นักศึกษาปริญญาโท (กำลังศึกษา 2), นักเรียนฝึกงานวิจัย (7), นักวิจัยอาวุโส (1), วัสดุแมกนีโตแคลอริกสำหรับประยุกต์ในระบบทำความเย็นแบบแม่เหล็ก (1), ระบบตรวจวัดสมบัติทางแม่เหล็กที่เกี่ยวข้อง (2), บริการวิเคราะห์สมบัติแม่เหล็ก (มากกว่า 50 ครั้ง), บทความวิจัยในวารสารวิชาการ (2)

โปสเตอร์สรุปโครงการวิจัย 2560

การประชุมศูนย์ความเป็นเลิศด้านฟิสิกส์ ประจำปี 2563

ณ โรงแรม เดอะ สุโกศล กรุงเทพมหานคร วันที่ 28 สิงหาคม พ.ศ. 2563

ThEP

http://thep-center.org/