



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการการศึกษาอิทธิพลของอินเดียมที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติและ
โครงสร้างจุลภาคของโลหะบัดกรีไร้สารตะกั่วชนิด Sn-0.3Ag-0.7Cu

โดย นายกรรณชัย กัลยาศิริ

พฤษภาคม 2552

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการการศึกษาอิทธิพลของอินเดียมที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติและโครงสร้างจุลภาคของ
โลหะบัดกรีไร้สารตะกั่วชนิด Sn-0.3Ag-0.7Cu

คณะผู้วิจัย

สังกัด

นายกรรณชัย กัลยาศิริ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

สนับสนุนโดยสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา และสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย

(ความเห็นในรายงานนี้เป็นของผู้วิจัย สกอ. และ สกว. ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

การศึกษาอิทธิพลของอินเดียมที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติและโครงสร้างจุลภาคของ
โลหะบัดกรีไร้สารตะกั่วชนิด Sn-0.3Ag-0.7Cu

A Study on Influence of Indium Addition on Properties and Microstructures of
Sn-0.3Ag-0.7Cu Lead-Free Solder Alloy

นายกรรณชัย กัลยาศิริ

โครงการภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

บทคัดย่อ

เนื่องจากการออกข้อบังคับ RoHS ของสหภาพยุโรป ทำให้อุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ต้องเปลี่ยนโลหะบัดกรีจากแบบที่มีตะกั่วผสมมาใช้โลหะบัดกรีไร้สารตะกั่ว ซึ่งโลหะบัดกรีไร้สารตะกั่วที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวาง คือ โลหะบัดกรีในกลุ่ม Sn-Ag-Cu โดยเฉพาะอย่างยิ่ง Sn-3.0Ag-0.5Cu เนื่องจากมีคุณสมบัติหลายประการที่เหมาะสมกับการใช้งานทางอิเล็กทรอนิกส์ อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบกับโลหะบัดกรีแบบเดิม (Sn-Pb Eutectic solder) พบว่า Sn-3.0Ag-0.5Cu มีข้อด้อยอยู่สองประการใหญ่ๆด้วยกัน คือ ประการแรก Sn-3.0Ag-0.5Cu มีจุดหลอมเหลวที่สูงกว่าโลหะบัดกรีแบบเดิม จึงต้องใช้อุณหภูมิในการบัดกรีที่สูงขึ้นกว่าเดิม ทำให้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และแผ่นวงจรมีโอกาสเกิดความเสียหายได้มากขึ้น ประการที่สอง Sn-3.0Ag-0.5Cu มีเงินผสมอยู่ในปริมาณที่ค่อนข้างมาก ทำให้โลหะบัดกรีชนิดนี้มีราคาค่อนข้างสูง ในโครงการวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ทำการวิจัยเบื้องต้นร่วมกับ บริษัทอัลตราคอร์ จำกัด ซึ่งเป็นบริษัทผลิตโลหะบัดกรีของคนไทย ในการทดลองใช้อินเดียมเพื่อลดจุดหลอมเหลวของโลหะบัดกรีไร้สารตะกั่ว Sn-0.3Ag-0.7Cu ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ของบริษัท และเป็นโลหะบัดกรีในกลุ่ม Sn-Ag-Cu ที่มีราคาค่อนข้างต่ำ เนื่องจากมีเงินผสมอยู่ในปริมาณน้อย ในโครงการวิจัยนี้จะทำการศึกษาอิทธิพลของอินเดียมที่มีต่อจุดหลอมเหลว คุณสมบัติทางกล และโครงสร้างจุลภาคของโลหะบัดกรี Sn-0.3Ag-0.7Cu รวมทั้งจะทำการศึกษาอิทธิพลของการบ่มด้วยความร้อนที่มีต่อคุณสมบัติทางกล และโครงสร้างจุลภาคของโลหะบัดกรี Sn-0.3Ag-0.7Cu-xIn ด้วย

คำสำคัญ: โลหะบัดกรีไร้สารตะกั่ว, Sn-Ag-Cu, อินเดียม, การบ่มด้วยความร้อน

Abstract

Due to the RoHS directive, electronics industry is forced to employ Pb-free solders. Pb-free solder alloys in Sn-Ag-Cu family are widely used, especially Sn-3.0Ag-0.5Cu. This is due to its various compatibilities with electronics applications. However, compared to the traditional Sn-Pb eutectic solder, Sn-3.0Ag-0.5Cu possesses two major disadvantages. Firstly, Sn-3.0Ag-0.5Cu has a higher melting temperature. As a result, electronics devices and print circuit boards are easier to be damaged by its higher soldering temperature. Moreover, the higher soldering temperature causes the industry to consume more energy for the production. Secondly, Sn-3.0Ag-0.5Cu contains a high percentage of costly Ag. Therefore, this solder alloy is also expensive. The researcher of this project has been doing a preliminary research with a Thai-owned solders-making company named Ultracore Ltd. to lower the melting point of Sn-0.3Ag-0.7Cu by adding some indium. Sn-0.3Ag-0.7Cu is a product of the company, and it is a low-cost solder alloy due to its low Ag content. In this proposed research, influence of indium addition on melting point, mechanical properties, and microstructures of Sn-0.3Ag-0.7Cu will be investigated. In addition, influence of thermal aging on mechanical properties and microstructures of Sn-0.3Ag-0.7Cu-xIn will be studied as well.

Keywords: Lead-free solder alloy, Sn-Ag-Cu, Indium, Thermal aging

หน้าสรุปโครงการ (Executive Summary)
ทุนพัฒนาศักยภาพในการทำงานวิจัยของอาจารย์รุ่นใหม่

1. **ชื่อโครงการ (ภาษาไทย)** การศึกษาอิทธิพลของอินเดียมที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติและโครงสร้างจุลภาคของโลหะบัดกรีไร้สารตะกั่วชนิด Sn-0.3Ag-0.7Cu
(ภาษาอังกฤษ) A Study on Influence of Indium Addition on Properties and Microstructures of Sn-0.3Ag-0.7Cu Lead-Free Solder Alloy
2. **ชื่อหัวหน้าโครงการ** หน่วยงานที่สังกัด ที่อยู่ หมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และ e-mail
นายกรรณชัย กัลยาศิริ
โครงการภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520
โทรศัพท์ 02-737-3000 ต่อ 5135 โทรสาร 02-739-2392
e-mail: kkkannac@kmitl.ac.th
3. **สาขาวิชาที่ทำการวิจัย** วัสดุศาสตร์/Solder Alloys
4. **ระยะเวลาดำเนินงาน** 1 ปี
5. **ได้เสนอโครงการนี้ หรือโครงการที่มีส่วนเหมือนกับเรื่องนี้บางส่วน เพื่อขอทุนต่อแหล่งทุนอื่นที่ใดบ้าง**
☐ ไม่ได้เสนอต่อแหล่งทุนอื่น
☒ เสนอต่อ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ชื่อโครงการที่เสนอ การพัฒนาโลหะบัดกรีไร้สารตะกั่ว Sn-Ag-Cu-X
6. **ปัญหาที่ทำการวิจัย และความสำคัญของปัญหา**
จากการที่สหภาพยุโรปได้ออกข้อบังคับ RoHS ออกมา ทำให้อุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์จำเป็นต้องนำโลหะบัดกรีไร้สารตะกั่วมาใช้งานแทนโลหะบัดกรีแบบดั้งเดิมที่มีส่วนผสมของดีบุกและตะกั่วเป็นหลัก โลหะบัดกรีไร้สารตะกั่วที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์มากที่สุดในปัจจุบัน คือ โลหะบัดกรีในกลุ่ม Sn-Ag-Cu เนื่องจากมีคุณสมบัติต่างๆเหมาะสมกับงานอิเล็กทรอนิกส์ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง Sn-3.0Ag-0.5Cu แต่ Sn-3.0Ag-0.5Cu มีคุณสมบัติด้อยกว่าโลหะบัดกรีแบบดั้งเดิม (Sn-Pb Eutectic Solder) ในเรื่องจุดหลอมที่สูงกว่า ซึ่งเป็นปัญหาที่สำคัญที่ส่งผลกระทบต่อ

กระบวนการผลิตชิ้นงานอิเล็กทรอนิกส์ เนื่องจากอุณหภูมิที่ใช้ในการบัดกรีที่สูงขึ้นนั้นทำให้ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และแผ่นวงจรมีโอกาสเสียหายได้ง่ายขึ้น และทำให้อุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ต้องใช้พลังงานในการผลิตมากขึ้นด้วย นอกจากนี้ Sn-3.0Ag-0.5Cu มีเงิน (Ag) เป็นองค์ประกอบในปริมาณที่ค่อนข้างสูง ทำให้ราคาของโลหะบัดกรีชนิดนี้สูงตามไปด้วย

การลดจุดหลอมเหลวของโลหะบัดกรีอาจทำได้โดยการเติมธาตุบางชนิดลงไปแต่ก็ทำให้คุณสมบัติอื่นๆของโลหะบัดกรีเปลี่ยนแปลงไปเช่นกัน ซึ่งมีความจำเป็นต้องทำการศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นสำหรับโลหะบัดกรีและธาตุแต่ละชนิด สำหรับปัญหาเรื่องราคานี้ผู้ผลิตโลหะบัดกรีหลายรายพยายามลดปริมาณของเงินในโลหะบัดกรีลงเพื่อลดต้นทุนในการผลิต เช่น โลหะบัดกรี Sn-0.3Ag-0.7Cu แต่โลหะบัดกรี Sn-0.3Ag-0.7Cu นี้ก็มีปัญหาในเรื่องจุดหลอมเหลวที่สูงเช่นเดียวกับโลหะบัดกรีตัวอื่นๆในกลุ่ม Sn-Ag-Cu

จากการสำรวจงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า การวิจัยในเรื่องที่เกี่ยวข้องกับองค์ประกอบและคุณสมบัติของโลหะบัดกรีไร้สารตะกั่วในประเทศไทยมีน้อยมาก นอกจากนี้ยังพบว่า ผู้ผลิตโลหะบัดกรีไร้สารตะกั่วของไทยจะใช้วิธีการซื้อสิทธิบัตรการผลิตจากต่างประเทศมาทำการผลิตมากกว่าที่จะทำการวิจัยและพัฒนาด้วยตนเอง อย่างไรก็ตามยังมีผู้ผลิตโลหะบัดกรีไร้สารตะกั่วของไทยที่ให้ความสำคัญกับการวิจัยในเรื่องนี้ คือ บริษัทอัลตราคอร์ จำกัด ทำให้ผู้ถือหุ้นได้มีโอกาสร่วมทำงานวิจัยกับทางบริษัทในการใช้อินเดียม (In) เพื่อลดจุดหลอมเหลวของโลหะบัดกรีไร้สารตะกั่วของบริษัทฯ คือ Sn-0.3Ag-0.7Cu ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของโครงการวิจัยที่เสนอขอรับทุนในครั้งนี้

สำหรับในงานวิจัยนี้จะทำการศึกษาอิทธิพลของอินเดียมที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงของจุดหลอมเหลว คุณสมบัติทางกลและโครงสร้างจุลภาคของโลหะบัดกรีไร้สารตะกั่วชนิด Sn-0.3Ag-0.7Cu นอกจากนี้ในงานวิจัยนี้ยังจะศึกษาถึงอิทธิพลของการบ่ม (Thermal aging) ที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกลและโครงสร้างจุลภาคของโลหะบัดกรีไร้สารตะกั่ว Sn-0.3Ag-0.7Cu หลังจากเติมอินเดียมลงไป ผลจากงานวิจัยนี้นอกจากจะสร้างองค์ความรู้พื้นฐานที่สำคัญทางด้านโลหะบัดกรีแล้ว ยังสามารถนำไปเป็นแนวทางในการพัฒนาโลหะบัดกรีชนิดใหม่สำหรับภาคอุตสาหกรรมต่อไป

7. วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาอิทธิพลของอินเดียมที่มีต่อจุดหลอมเหลวของโลหะบัดกรี Sn-0.3Ag-0.7Cu
2. เพื่อศึกษาอิทธิพลของอินเดียมที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกลและโครงสร้างจุลภาคของโลหะบัดกรี Sn-0.3Ag-0.7Cu
3. เพื่อศึกษาอิทธิพลของการบ่มที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกลและโครงสร้างจุลภาคของโลหะบัดกรี Sn-0.3Ag-0.7Cu หลังจากเติมอินเดียมลงไป
4. เพื่อใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาโลหะบัดกรีไร้สารตะกั่วชนิดใหม่สำหรับอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์

8. ระเบียบวิธีวิจัย

สำหรับโครงการวิจัยนี้จะใช้การทดลองเพื่อศึกษาอิทธิพลของอินเดียมและอิทธิพลของการบ่มที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงของจุดหลอมเหลว คุณสมบัติทางกลและโครงสร้างจุลภาคของโลหะบัดกรีไร้สารตะกั่วชนิด Sn-0.3Ag-0.7Cu-xIn โดยโลหะบัดกรีไร้สารตะกั่วที่ใช้จะเตรียมโดยการหลอมจาก ดีบุก เงิน ทองแดง และอินเดียม ที่มีความบริสุทธิ์สูง โลหะบัดกรีไร้สารตะกั่ว Sn-0.3Ag-0.7Cu-xIn จะถูกหลอมและหล่อเป็นแท่งชิ้นงาน หลังจากนั้นจะนำไปหาจุดหลอมเหลว คุณสมบัติทางกล และตรวจสอบโครงสร้างจุลภาค โดยจะนำผลการทดลองที่ได้ไปวิเคราะห์เปรียบเทียบกับจุดหลอมเหลว คุณสมบัติ และโครงสร้างจุลภาคของโลหะบัดกรีพื้นฐาน Sn-0.3Ag-0.7Cu ถึงการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นเนื่องจากการเติมอินเดียมลงไป โดยที่ปริมาณของอินเดียมที่ใช้จะเป็น 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 และ 3.0% โดยน้ำหนัก เนื่องจากผลการวิจัยเบื้องต้นของผู้สมัครขอรับทุนกับบริษัทอัลตราคอร์ จำกัด พบว่าการเติมอินเดียมลงไปทำได้สูงสุดประมาณ 3% โดยน้ำหนักเท่านั้น ราคาของโลหะบัดกรีชนิดใหม่นี้จึงจะอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ คือ ไม่สูงกว่าราคาของ Sn-3.0Ag-0.5Cu ซึ่งเป็นโลหะบัดกรีไร้สารตะกั่วที่นิยมใช้กันอยู่ในปัจจุบัน หลังจากนั้นจะทำการศึกษาอิทธิพลของการบ่มที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกลและโครงสร้างจุลภาคของโลหะบัดกรี Sn-0.3Ag-0.7Cu-xIn เปรียบเทียบกับคุณสมบัติและโครงสร้างจุลภาคของโลหะบัดกรีพื้นฐาน Sn-0.3Ag-0.7Cu ที่ผ่านการบ่มภายใต้เงื่อนไขเดียวกัน โดยที่อุณหภูมิที่ใช้ในการบ่ม คือ 50, 75, 100, 125 และ 150°C ส่วนเวลาที่ใช้ในการบ่ม คือ 1, 10, 100 และ 1,000 ชั่วโมง ซึ่งเป็นเงื่อนไขการบ่มโลหะบัดกรีที่รวบรวมจากผลงานการวิจัยที่เกี่ยวข้อง

9. จำนวนโครงการที่ผู้สมัครกำลังดำเนินการอยู่ โดยขอให้ระบุระยะเวลาเริ่มต้นและสิ้นสุดของแต่ละโครงการ แหล่งทุน และงบประมาณสนับสนุนที่ได้รับ เวลาที่ใช้ทำโครงการวิจัยในแต่ละโครงการ เป็นกี่ชั่วโมงต่อสัปดาห์ ทั้งในฐานะหัวหน้าโครงการ ผู้ร่วมโครงการของแต่ละโครงการที่กำลังดำเนินการอยู่

—

เนื้อหางานวิจัย

สำหรับในงานวิจัยนี้ได้แบ่งงานวิจัยออกเป็นสองส่วนด้วยกัน คือ งานวิจัยในส่วนแรกได้ทำการศึกษาอิทธิพลของอินเดียมที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงของจุลหอยมเหลว คุณสมบัติทางกล และโครงสร้างจุลภาคของโลหะบัดกรีไร้สารตะกั่วชนิด Sn-0.3Ag-0.7Cu ของบริษัทอัลตราคอร์ จำกัด ซึ่งเป็นบริษัทผลิตโลหะบัดกรีของคนไทยที่ผู้วิจัยได้ทำวิจัยร่วมอยู่ เนื่องจาก Sn-0.3Ag-0.7Cu มีเงินผสมอยู่ในปริมาณน้อยจึงเป็นโลหะบัดกรีในกลุ่ม Sn-Ag-Cu ที่มีราคาค่อนข้างต่ำ และยังมี Shear strength, Tensile strength และความสามารถในการทนต่อการแตกแบบเปราะ (Brittle fracture) สูงกว่าโลหะบัดกรีในกลุ่ม Sn-Ag-Cu ที่มีเงินผสมอยู่ในปริมาณมาก ในงานวิจัยนี้ได้ทำการวิจัยที่ปริมาณของอินเดียมต่างๆเพื่อไม่ให้โลหะบัดกรีที่ได้มีราคาสูงเกินไป และถ้าพิจารณาในแง่ของราคาพบว่าการเติมอินเดียมลงไปทำได้สูงสุดประมาณ 3% โดยน้ำหนักเท่านั้น ราคาของโลหะบัดกรีชนิดใหม่นี้จึงจะอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ คือ ไม่สูงกว่าราคาของ Sn-3.0Ag-0.5Cu ซึ่งเป็นโลหะบัดกรีไร้สารตะกั่วที่นิยมใช้กันอยู่ในปัจจุบัน โดยโลหะบัดกรีไร้สารตะกั่วที่ใช้จะเตรียมโดยการหลอมจาก ดีบุก เงิน ทองแดง และอินเดียม ที่มีความบริสุทธิ์สูง โลหะบัดกรีไร้สารตะกั่ว Sn-0.3Ag-0.7Cu-xIn (เมื่อ $x = 0.0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5$ และ 3.0) จะถูกหลอมและหล่อเป็นแท่งชิ้นงาน หลังจากนั้นจะนำไปหาจุดหลอมเหลวในรูปของอุณหภูมิโซลิดัส (Solidus temperature) และอุณหภูมิลิควิดัส (Liquidus temperature) โดยใช้ Differential scanning calorimeter คุณสมบัติทางกล (Microhardness และ Tensile strength) โดยใช้ Vickers microhardness tester และ Universal testing machine และตรวจสอบโครงสร้างจุลภาคโดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด ร่วมกับ Energy dispersive spectroscopy และ Electron probe micro-analyzer โดยนำผลการทดลองที่ได้ไปวิเคราะห์เปรียบเทียบกับจุดหลอมเหลว คุณสมบัติทางกล และโครงสร้างจุลภาคของโลหะบัดกรีพื้นฐาน Sn-0.3Ag-0.7Cu ถึงการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นเนื่องจากการเติมอินเดียมลงไป ซึ่งจากผลการทดลองที่ได้ สามารถสรุปได้ว่า อินเดียมมีอิทธิพลเป็นอย่างมากต่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติและโครงสร้างจุลภาคของโลหะบัดกรีไร้สารตะกั่ว Sn-0.3Ag-0.7Cu โดยทำให้อุณหภูมิโซลิดัสและอุณหภูมิลิควิดัสของโลหะบัดกรี Sn-0.3Ag-0.7Cu มีค่าลดลงจาก 219.4 และ 241.7 °C เหลือ 197.7 และ 230.2 °C ตามลำดับ เมื่อเติมอินเดียมลงไป 3% โดยน้ำหนัก สำหรับ Microhardness และ Tensile strength ของโลหะบัดกรีก็มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดหลังจากเติมอินเดียมลงไป โดยค่า Microhardness ของ Sn-0.3Ag-0.7Cu มีค่าเท่ากับ 10.23 HV และเพิ่มขึ้นเป็น 18.53 HV เมื่อมีอินเดียมผสมอยู่ 3% โดยน้ำหนัก ส่วนค่า Tensile strength ของ Sn-0.3Ag-0.7Cu มีค่าเท่ากับ 31.86 MPa และเพิ่มขึ้นเป็น 56.98 MPa เมื่อเติมอินเดียมลงไป 3% โดยน้ำหนัก สำหรับโครงสร้างจุลภาคของ Sn-0.3Ag-0.7Cu ประกอบขึ้นมาจากโครงสร้างแบบ β -Sn เป็นส่วนใหญ่และล้อมรอบด้วยอนุภาคของสารประกอบเชิงโลหะระหว่าง Cu, Sn และ Ag เช่น Cu_6Sn_5 , Cu_3Sn และ Ag_3Sn และเมื่อเติม

อินเดียมลงไปจะทำให้โครงสร้างแบบ β -Sn มีขนาดเล็กและอุณหภูมิของสารประกอบเชิงโลหะเกิดการกระจายตัวที่สม่ำเสมอขึ้น ซึ่งทำให้ค่า Microhardness และ Tensile strength ของโลหะบัดกรีมีค่าเพิ่มขึ้น

สำหรับงานวิจัยในส่วนที่สองได้ทำการศึกษาอิทธิพลของการบ่มด้วยความร้อน (Thermal aging) ที่มีต่อค่า Microhardness และโครงสร้างจุลภาคของโลหะบัดกรี โดยอุณหภูมิที่ใช้ในการบ่ม คือ 75, 100 และ 125°C ส่วนเวลาที่ใช้ในการบ่ม คือ 1, 10, 100 และ 1,000 ชั่วโมง จากผลการทดลองสามารถสรุปได้ว่า การบ่มด้วยความร้อนทำให้ค่า Microhardness ของโลหะบัดกรี Sn-0.3Ag-0.7Cu-xIn มีค่าลดลง โดยจะมีค่าลดลงเรื่อยๆเมื่ออุณหภูมิและเวลาในการบ่มเพิ่มขึ้น ซึ่งจากการตรวจสอบโครงสร้างจุลภาคพบว่า สารประกอบเชิงโลหะ Cu_6Sn_5 เกิดการสลายตัวเพิ่มมากขึ้นเมื่ออุณหภูมิและเวลาในการบ่มเพิ่มขึ้น เนื่องจากสารประกอบเชิงโลหะชนิดนี้เป็นสารประกอบเชิงโลหะที่มีอิทธิพลต่อค่า Microhardness ของโลหะบัดกรีมากที่สุด ดังนั้นเมื่อเกิดการสลายตัวของสารประกอบเชิงโลหะชนิดนี้ จึงทำให้ค่า Microhardness ของโลหะบัดกรีมีค่าลดลงตามไปด้วย ซึ่งผลการวิจัยในส่วนนี้แสดงให้เห็นว่า คุณสมบัติทางกลของโลหะบัดกรีชนิดนี้จะเปลี่ยนไปภายใต้การใช้งานที่อุณหภูมิสูงเป็นระยะเวลานานๆและอาจทำให้เกิดการวิบัติของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ได้

ผลที่ได้จากโครงการวิจัย

- 1) ได้องค์ความรู้เกี่ยวกับการปรับปรุงคุณภาพของโลหะบัดกรีไร้สารตะกั่ว Sn-0.3Ag-0.7Cu โดยใช้อินเดียม ซึ่งภาคอุตสาหกรรมสามารถนำความรู้ที่ได้จากงานวิจัยนี้ไปปรับปรุงคุณภาพของโลหะบัดกรีได้ หรืออาจใช้ผลการวิจัยนี้เป็นแนวทางในการผลิตโลหะบัดกรีไร้สารตะกั่วชนิดใหม่ออกมา
- 2) ได้องค์ความรู้เกี่ยวกับอิทธิพลของการบ่มด้วยความร้อนที่มีต่อโลหะบัดกรีไร้สารตะกั่ว Sn-0.3Ag-0.7Cu-xIn ซึ่งสามารถใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นในการพิจารณาถึงสาเหตุของการวิบัติของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ได้
- 3) ผู้วิจัยได้ส่งบทความวิชาการจากผลการวิจัยที่ได้ไปยังวารสาร Journal of Alloys and Compounds เพื่อพิจารณาสำหรับการตีพิมพ์ ซึ่งวารสารวิชาการฉบับนี้เป็นวารสารวิชาการระดับนานาชาติที่อยู่ใน ISI index