การผลิตโลหะผงจุดหลอมเหลวต่ำเพื่อใช้เป็นโลหะประสาน

(production of Low melting point metal powder used for Soldering)

หนังสือนี้เป็นสมบัติของห้องสมุด
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตภาคใต้
ผู้ใดพบเห็นกรุณาส่งคืน จักขอบคุณยิ่ง

อาจารย์ วีระยุทธ จันทรักษา

รับ 7 ธค. 50

055641
ว.669
ว847
2550
ล.1

สาขาวิชา ครุศาสตร์วิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย
ปีการศึกษา 2550

บทคัดย่อ

การต่อประสานโลหะโดยกรรมวิธีบัดกรีอ่อน (Soldering) ปกติโดยทั่วไปจะใช้ตัวประสาน ซึ่งทำจากโลหะผสมระหว่างดีบุกับตะกั่ว ในสัดส่วนประมาณ 60:40 ซึ่งจะมีจำหน่ายอยู่ในรูปแบบชนิดแท่งและชนิดเส้น ประโยชน์ของงานบัดกรีอ่อนมีมากมายในการใช้งาน ทั้งงานต่อประสานกับการรั่วซึม และการต่อประสานในงานไฟฟ้าและงานอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งเป็นการต่อเพื่อเป็นตัวนำไฟฟ้า โครงการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาแนวทางในการพัฒนาวัสดุประสานในรูปแบบที่แตกต่างไปจากที่กล่าวมาแล้วข้างต้น จะได้เกิดทางเลือกและมีความหลากหลายในการประยุกต์ใช้งานได้อย่างกว้างขวางมากขึ้น โดยทำการทดลองกับผงโลหะประสานที่มีขนาดความละเอียดระหว่าง +54 ถึง -210 ไมครอน และผสมกับฟลักซ์ในสัดส่วนต่างๆกัน ซึ่งทำการทดลองต่อประสานลวดทองแดง ขนาด 2.5 mm^2 และขนาด 4 mm^2 เพื่อตรวจสอบการยึดเกาะประสานด้วยแรงดึง และประสิทธิภาพการนำไฟฟ้า ปรากฏผลทั้งสองอย่างเป็นที่น่าพอใจ

Abstract

Solder is generall used for metal cohesion by sodering .It is made of mixed metals, Tin and Lead at the ratio of 60:40. The solder, which can be bougth, is shaped in forms of stick and wire.

Soldering benefits in many ways, such as in leaking works, and electricity and electronic works which are the cohesions for being conducter.

The research project aims to investigate the way to develop soldering in many different ways, apart from the mentioned methods, inorder to have more alternatives in general applications.

In this study, the fine solder metal powder which is between +54 microns to -210 microns and which is mixed with Flax in different ratios was applied to cohere 2.5 mm^2 and 4 mm^2 copper wires. Then,the solder metal powder was tested for its fastening by tensile and its electricity . The experiment showed both satisfied results

กิตติกรรมประกาศ

การประดิษฐ์โลหะประสานจุดหลอมเหลวต่ำด้วยโลหะผง ได้สำเร็จลุล่วงด้วยดีเนื่องจากได้รับการสนับสนุนจากผู้บริหาร ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัยและที่สำคัญ ได้รับคำแนะนำและข้อเสนอแนะต่างๆ จาก รศ. สุชาติ เย็นวิเศษ ตลอดจนคณะครูและนักศึกษาสาขาวิชาครุศาสตร์อุตสาหกรรมที่ให้ความร่วมมือ และเป็นกำลังใจตลอดเวลาที่ได้ดำเนินการวิจัยในครั้งนี้

วีรยุทธ จันทรักษา

20 กันยายน 2550

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	(3)
กิตติกรรมประกาศ	(4)
สารบัญ	(5)
สารบัญตาราง	(6)
สารบัญรูป	(7)
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	2
1.3 สมมติฐานงานวิจัย	2
1.4 ขอบเขตของโครงการ	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 การผลิตโลหะผงด้วยเครื่องแก๊สอะตอมไมเซอร์	3
2.2 การบัดกรี (Soldering)	7
บทที่ 3 ขั้นตอนการวิจัย การผลิตโลหะประสานจุดหลอมต่ำด้วยโลหะผง	11
3.1 วิธีและขั้นตอนการวิจัย	11
3.2 การผลิตผงโลหะ sn+pb (60 : 40)	13
3.3 การนำผงโลหะ Sn+Pb มาผสม Flux (ยางสนชนิดครีม)	19
3.4 การนำไปทดสอบการหลอมละลายและการประสาน	28
บทที่ 4 ผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	40
4.1 ผลการวิจัย	40
4.2 ข้อเสนอแนะ	40
เอกสารอ้างอิง	41

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	เป็นข้อมูลต่างๆ จากโลหะแต่ละชนิด	4
2.2	แสดงส่วนผสมของดีบุก-ตะกั่ว และอุณหภูมิการหลอมเหลวของตะกั่ว ที่จะนำไปใช้งาน	9
3.1	แผนการดำเนินงานตลอดโครงการ	13
3.2	แสดงค่าการกระจ่ายตัวของผงโลหะ Pb+Sn(60-40)	19
3.3	การทดสอบหาส่วนผสมของ Flux กับผง Pb+Sn โดยใช้ pb+sn 50 กรัม ทุกส่วนผสม	21
3.4	ตารางแสดงค่าความเค้นดึงสูงสุดของการประสานลวดทองแดงขนาด 2.5 มม^2 กับโลหะประสาน ที่อุณหภูมิ 350°	34
3.5	ตารางแสดงค่าความเค้นดึงสูงสุดของการประสานลวดทองแดงขนาด 2.5 มม^2 กับโลหะประสาน ที่อุณหภูมิ 400°	35
3.6	ตารางแสดงค่าความเค้นดึงสูงสุดของการประสานลวดทองแดงขนาด 4 มม^2 กับโลหะประสาน ที่อุณหภูมิ 350°	36
3.7	ตารางแสดงค่าความเค้นดึงสูงสุดของการประสานลวดทองแดงขนาด 4 มม^2 กับโลหะประสาน ที่อุณหภูมิ 400°	37
3.8	แสดงความนำไฟฟ้า	38

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1.1	เครื่องแก๊สอะตอมไมเซอร์ที่ใช้ในการผลิตผงโลหะ	1
2.1	ลักษณะการพ่นผงโลหะ ตรงบริเวณทีอยู่ห่างจากปลายของอุปกรณ์จ่ายน้ำโลหะ	3
2.2	ปริมาณผงโลหะดีบุกผสมตะกั่วที่ได้จากการใช้ค่าแรงดันต่างๆ เทียบกับขนาดของหัวจ่ายขนาดต่างๆ เมื่อใช้อุณหภูมิเกินจุดหลอมเหลว 50°C	4
2.3	แผนภาพสมดุลดีบุก-ตะกั่ว	5
2.4	โพรเพนท้อร์ชและเตาอบชุบ	6
2.5	ลักษณะงานรูปแบบหนึ่งที่ใช้ในการประสาน	6
2.6	การเชื่อมประสานแบบ Cad Welding	7
2.7	แสดงวิธีการบัดกรีด้วยหัวแร้ง และ แสดงลำดับการบัดกรีโดยวิธี Sweating	8
2.8	แสดงกราฟของจุดหลอมเหลวและอุณหภูมิการไหลของตะกั่วบัดกรี	9
3.1	แท่งดีบุกตะกั่วใช้สำหรับผลิตผง	14
3.2	เบ้าหลอมโลหะดีบุก-ตะกั่ว	15
3.3	แสดงการเตรียมเครื่องแก๊สอะตอมไมเซอร์และอุปกรณ์	16
3.4	ผงโลหะที่ได้จากการพ่น	17
3.5	ชุดตะแกรงมาตรฐานที่ใช้ในการคัดแยกขนาดผงโลหะ	18
3.6	ผงโลหะ Sn+Pbที่ได้จากการร่อนด้วยตะแกรงมาตรฐาน	22
3.7	ฟลักซ์(ยางสนชนิดครีม)	22
3.8	ภาชนะที่ใช้ผสมระหว่างฟลักซ์กับผงโลหะ Sn+Pb และแท่งแก้วที่ใช้ในการกวน	23
3.9	ตาชั่งที่ใช้ในการชั่งผงโลหะและ ฟลักซ์	23
3.10	แสดงการชั่งผงโลหะ	24
3.11	แสดงการชั่งฟลักซ์	24
3.12	แสดงการต้มน้ำร้อนที่อุณหภูมิประมาณ 90 องศาเซลเซียส	25
3.13	แสดงการผสมผงโลหะกับฟลักซ์ ในภาชนะที่ต้มน้ำร้อน	25
3.14	แสดงการกวนผสมให้เข้ากันระหว่างผงโลหะกับฟลักซ์ในน้ำร้อน	26

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
3.15	แสดงผงโลหะกับฟลักซ์หลังการผสมแล้ว	26
3.16	แสดงผงโลหะ 50 กรัม กับ ฟลักซ์0.5 % 1% 1.5% 2%หลังการผสมแล้ว	27
3.17	แสดงผงโลหะ 50 กรัม กับ ฟลักซ์ 2.5% 3% 4% 5%หลังการผสมแล้ว	27
3.18	เตาที่ใช้ในการหลอมละลาย	29
3.19	ผงโลหะหลังจากทดสอบที่อุณหภูมิ 300 องศาเซลเซียส จากเตาอบชุบในลักษณะ Mold เปิด	29
3.20	หัวแร้งบัดกรี	30
3.21	แสดงการหลอมละลายของผงดีบุก-ตะกั่วด้วยหัวแร้งบัดกรี	30
3.22	เตาอบชุบ	31
3.23	การประสานชิ้นงานทดสอบใน Mold อลูมิเนียม	32
3.24	ชิ้นงานที่ประสานใน Mold อลูมิเนียม	32
3.25	การทดแรงดึงเพื่อหาค่าการยึดเกาะระหว่างลวดทองแดงกับโลหะประสาน	33
3.26	กราฟเปรียบเทียบค่าความเค้นของลวดทองแดงขนาด 2.5 มม^2 ที่อุณหภูมิ 350°C และ 400°C	35
3.27	กราฟเปรียบเทียบค่าความเค้นของลวดทองแดงขนาด 4 มม^2 ที่อุณหภูมิ 350°C และ 400°C	37
3.28	กราฟแสดงค่าความต้านทาน	39
3.29	กราฟแสดงค่าความนำไฟฟ้า	39

บทที่ 1

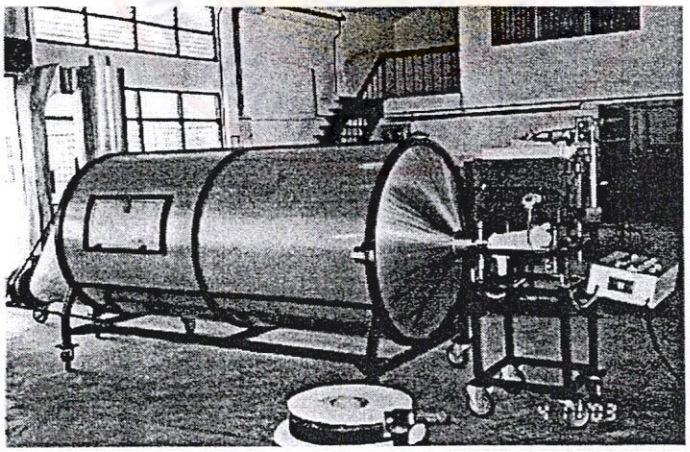
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ

จากกระบวนการประสานโลหะให้ติดกัน การบัดกรี (Soldering) ถือเป็นกระบวนการหนึ่งที่นิยมใช้กันอยู่ในปัจจุบัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในส่วนของงานที่เป็นอุปกรณ์เกี่ยวข้องกับงานไฟฟ้า-อิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งวัสดุที่ใช้เป็นตัวประสานจะนิยมใช้โลหะผสม ระหว่าง ดีบุก-ตะกั่ว ซึ่งจะผลิตมาใช้งานในลักษณะของแท่งและเส้น

ดังนั้นหากเปลี่ยนรูปของวัสดุประสานในลักษณะแท่งหรือเส้นให้อยู่ในลักษณะผงโลหะผสมตะกั่ว-ดีบุก ก็น่าจะเป็นอีกทางเลือกหนึ่งโดยเฉพาะลักษณะงานที่มีพื้นที่มากขึ้น เช่น ส่วนของรอยต่อสายเคเบิล หรือ สายดิน และอื่นๆ เพราะนอกจากช่วยป้องกันในส่วนของการเกิดออกไซต์กับผิวโลหะงานแล้วยังช่วยให้การยึดเกาะติดแน่นขึ้น จึงช่วยเพิ่มในด้านความแข็งแรงให้กับรอยต่อมากยิ่งขึ้นด้วย

ในส่วนของการผลิตผงโลหะจะใช้การผลิตด้วยเครื่องแก๊สอะตอมไมเซอร์ ซึ่งมีหลักการทำงานโดยใช้หัวฉีดอากาศที่ความดันประมาณ 140 ปอนด์/ตารางนิ้ว ฉีดผ่านโลหะเหลวที่ไหลผ่านโดยแรงโน้มถ่วง จากนั้นจึงนำไปผ่านตะแกรงเพื่อแยกขนาดผงโลหะ และนำผงโลหะแต่ละขนาดที่ได้ไปใช้ในการประสาน เพื่อหาประสิทธิภาพทางด้านการยึดเกาะในส่วนของความแข็งแรงดึง



รูปที่ 1.1 เครื่องแก๊สอะตอมไมเซอร์ที่ใช้ในการผลิตผงโลหะ

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1.1.1 เพื่อศึกษาผงโลหะ ดีบุก - ตะกั่ว ทีส่วนผสม 60 : 40 ที่นำมาใช้เป็นโลหะประสาน

1.1.2 เพื่อศึกษาวิธีผสมผงโลหะ ดีบุก – ตะกั่ว 60 : 40 กับฟลักซ์ ตลอดจนหาส่วนผสมที่ไปใช้ในการบัดกรี

1.1.3 เพื่อทดสอบการหลอมละลายของโลหะประสานจากเตาอบชุบและหัวแร้งไฟฟ้า

1.1.4 เพื่อหาความแข็งแรงในการยึดเกาะด้วยแรงดึงตลอดจนหาค่าการนำไฟฟ้า

1.3 สมมติฐานงานวิจัย

1.3.1 โลหะประสานดีบุก – ตะกั่ว 60 : 40 โดยเมื่อนำไปบัดกรีรอยต่อชนของลวดทองแดงขนาด 2.5 มม^2 และขนาด 4 มม^2 แล้วจะต้องรับแรงดึงได้ไม่น้อยกว่า 60 % ของแรงดึงลวดทองแดงขนาด 2.5 มม^2 และ 4 มม^2

1.3.2 ค่าความต้านทานจากการประสานของรอยต่อชนจะต้องไม่เกิน 0.02 โอห์ม

1.4 ขอบเขตของโครงการ

การวิจัยนี้เป็นการทดสอบโดยนำผงโลหะจากโลหะดีบุก – ตะกั่ว 60 : 40 โดยนำมาผสมกับยางสนชนิดครีม จากนั้นหาส่วนผสมระหว่างขนาดของผงโลหะกับฟลักซ์เพื่อใช้ในการบัดกรีอ่อน โดยการทดสอบจะใช้ในลักษณะ Mold เปิด และลักษณะ Mold ปิด ซึ่งใช้ความร้อนจากเตาอบชุบ จากนั้นจึงนำไปทดสอบโดยใช้รอยต่อของลวดทองแดงขนาด 2.5 มม^2 และขนาด 4 มม^2 ซึ่งนิยมใช้ในอาคารบ้านเรือนทั่วไป เพื่อหาค่าความแข็งแรงการยึดเกาะโดยนำไปดึงและหาค่าการนำไฟฟ้า โดยนำไปวัดค่าความต้านทาน

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- สามารถนำส่วนผสมระหว่างฟลักซ์กับขนาดโลหะผงที่ดีที่สุดไปใช้งาน
- สามารถเป็นทางเลือกให้กับสายงานที่เกี่ยวข้องโดยเฉพาะด้านไฟฟ้า-อิเล็กทรอนิกส์
- สามารถพัฒนาไปสู่เชิงธุรกิจได้
- ผลและข้อมูลในการวิจัยจะเป็นประโยชน์และแนวทางให้กับผู้สนใจในงานวิจัยจะได้เป็นข้อมูลเพื่อพัฒนาในอนาคต

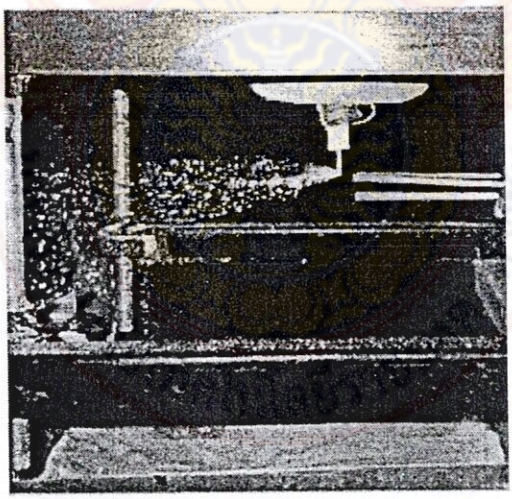
บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยเรื่องการผลิตโลหะประสานจุดหลอมต่ำด้วยโลหะผง ซึ่งในการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาส่วนประสมระหว่างฟลักซ์กับผงโลหะผสมดีบุก-ตะกั่ว โดยใช้การประสานด้วยเปลวไฟ ลมร้อน และเตาอบไฟฟ้า หาประสิทธิภาพการยึดเกาะด้วยแรงดึง ซึ่งมีทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในบทนี้แบ่งเป็น 2 หัวข้อ ซึ่งใช้เป็นข้อมูลในการผลิตโลหะผง ดีบุก-ตะกั่ว ที่ส่วนผสม 60 : 40

2.1 การผลิตโลหะผงด้วยเครื่องแก๊สอะตอมไมเซอร์

จากกระบวนการผลิตโลหะผงด้วยเครื่องแก๊สอะตอมไมเซอร์โดยโลหะผสมขณะอยู่ในสภาพหลอมละลายจะถูกปล่อยน้ำโลหะจากเบ้าหลอมโดยอาศัยแรงโน้มถ่วง และจะถูกพ่นด้วยอากาศความดัน 140 ปอนด์/ตารางนิ้ว โดยอาศัยหัวฉีดชนิด Free-fall ซึ่งอากาศที่ออกมาจากช่องหัวจ่ายอากาศ (Nozzle) พุ่งชนโลหะหลอม ตรงบริเวณทีอยู่ห่างจากปลายของอุปกรณ์จ่ายน้ำโลหะ ดังรูปที่ 2.1

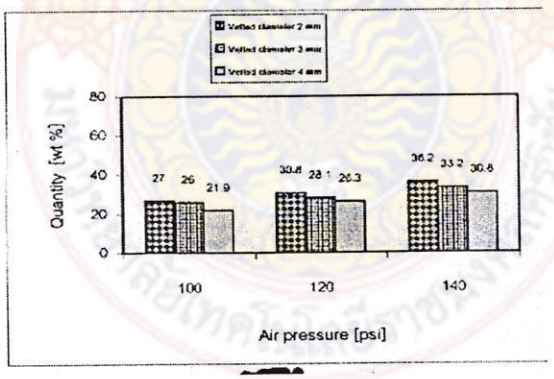


รูปที่ 2.1 ลักษณะการพ่นผงโลหะ

จากนั้นส่วนของน้ำโลหะเหลวเมื่อถูกพ่นด้วยอากาศความดันสูงจะ ทำให้โลหะเหลวเกิดการแตกตัวเป็นละอองที่ละเอียด และถูกกักขังไว้ในห้องพ่น (Chamber) จากนั้นนำผงโลหะมาคัดแยกขนาดด้วยชุดตะแกรงมาตรฐาน (มาตรฐาน ASTM E11)

ชนิดโลหะ	ปริมาณโลหะเหลวที่พ่นต่อครั้ง(g)	แรงดันอากาศที่ใช้ (psi)	อุณหภูมิซูเปอร์ฮีท (°C)	ปริมาณผงโลหะที่ได้จากหัวจ่ายโลหะเหลว Ø 2 mm		ปริมาณผงโลหะที่ได้จากหัวจ่ายโลหะเหลว Ø 3 mm		ปริมาณผงโลหะที่ได้จากหัวจ่ายโลหะเหลว Ø 4 mm	
				(g)	%	(g)	%	(g)	%
Sn + Pb 39%	1,500	100	50	405.0	27.0	390.0	26.0	328.5	21.9
		120		462.0	30.8	421.5	28.1	394.5	26.3
		140		543.0	36.2	498.0	33.2	462.0	30.8
Al + Cu 4%	1,500	100	50	396.0	26.4	373.5	24.9	360.0	24.0
		120		441.0	29.4	406.5	27.1	384.0	25.6
		140		528.0	35.2	447.0	29.8	414.0	27.6
Cu + Zn 38%	2,000	100	50	574.0	28.7	552.0	27.6	508.0	25.4
		120		640.0	32.0	596.0	29.8	554.0	27.7
		140		756.0	37.8	736.0	36.8	704.0	35.2

ตารางที่ 2.1 เป็นข้อมูลต่างๆ จากโลหะแต่ละชนิด

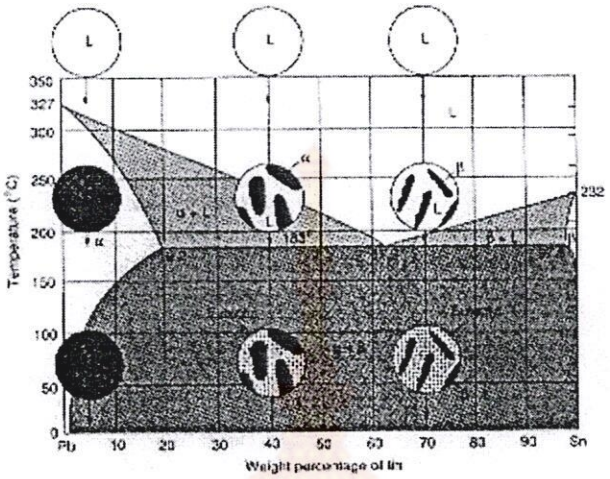


รูปที่ 2.2 ปริมาณผงโลหะดีบุกผสมตะกั่วที่ได้จากการใช้ค่าแรงดันต่างๆ เทียบกับขนาดของหัวจ่ายขนาดต่างๆ เมื่อใช้อุณหภูมิเกินจุดหลอมเหลว 50°C

(จากตารางบันทึกข้อมูลงานวิจัยของ รศ. สุชาติ เย็นวิเศษ ในการทำวิจัยเครื่องอะตอมไมเซอร์)

สำหรับการดำเนินการวิจัย จะใช้โลหะผสมตะกั่วดีบุกโดยใช้ส่วนผสม 60%Sn 40%Pb

จากการศึกษาแผนภาพสมดุลของโลหะผสมดีบุกและตะกั่วจะเกิดปฏิกิริยาเป็นระบบยูเทคติค ดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 แผนภาพสมดุลดีบุก-ตะกั่ว

ดังนั้นข้อมูลที่ได้จากแผนภาพสมดุล ดังนี้

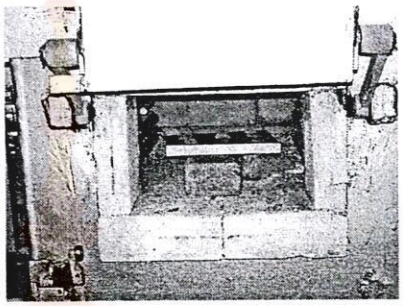
ที่ส่วนผสม 60%Sn 40%Pb

เฟส จะเป็นสารละลายของแข็ง (α) และเฟสยูเทคติค ($\alpha+\beta$) มีจุดหลอมละลายที่ประมาณ 190°C

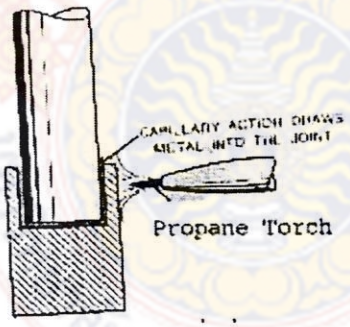
สำหรับโลหะผสมดีบุก-ตะกั่ว จะเป็นส่วนผสมที่ผลิตและจำหน่ายในท้องตลาดในลักษณะแท่งขนาด $\frac{1"}{2} x \frac{1"}{2} x 12"$ เพื่อใช้เป็นโลหะประสาน

ดังนั้นในการทำวิจัยโลหะผงที่เลือกใช้ส่วนผสมดังกล่าว เพื่อใช้ในเชิงเปรียบเทียบด้วยลักษณะการประสาน จัดเป็นลักษณะการบัดกรีอ่อน (Soft Soldering) โดยอุณหภูมิระหว่าง 177° C ถึง 447 °C แหล่งความร้อนที่ใช้มี 2 ลักษณะ คือ โพรเพนท้อร์ช และเตาอบชุบ

โพรเพนท้อร์ช



รูปที่ 2.4 โพรเพนท้อร์ชและเตาอบชุบ



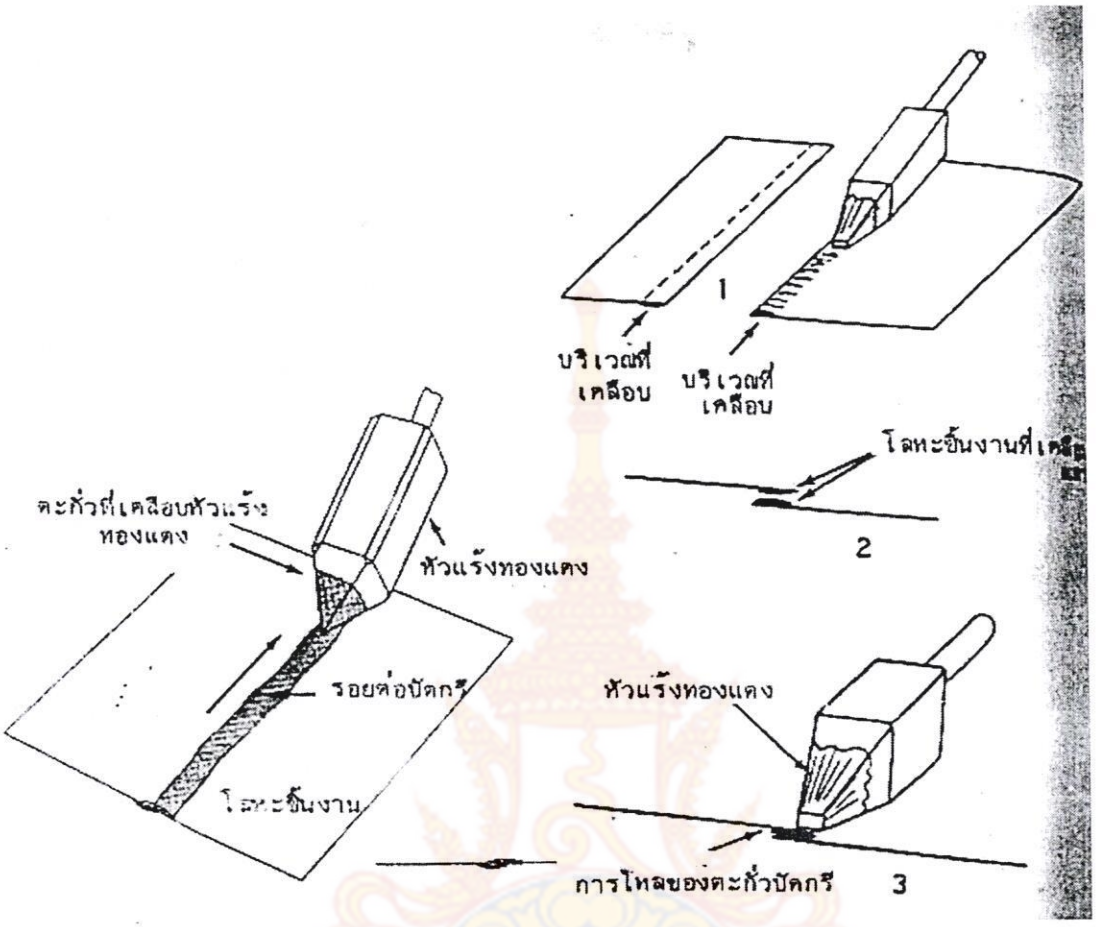
รูปที่ 2.5 ลักษณะงานรูปแบบหนึ่งที่ใช้ในการประสาน

แนวคิดอาศัยหลักการของการเชื่อมประสานแบบ Cad Welding ซึ่งนิยมใช้ในการเชื่อมประสานรอยต่อสายเคเบิล ดังรูปที่ 2.6 โดยวัสดุที่นำมาประสานส่วนใหญ่จะเป็นโลหะทองแดง, เหล็ก, สังกะสี เป็นต้น

รูปที่ 2.6 การเชื่อมประสานแบบ Cad Welding

2.2 การบัดกรี (Soldering)

การบัดกรี คือการประสานโลหะชิ้นงานชนิดเดียวกันหรือต่างชนิดกันและชิ้นงานจะไม่ถึงจุดหลอมเหลว หลักการประสานโดยการบัดกรีจะต้องทำผิวหน้าของโลหะชิ้นงานให้สะอาดเพื่อโลหะบัดกรีซึ่งถูกหลอมเหลวโดยความร้อนสามารถยึดเกาะผิวของชิ้นงานการยึดเกาะระหว่างโลหะชิ้นงานกับโลหะบัดกรีจะเกิดการหดตัวของโมเลกุลของโลหะบัดกรีจะยึดติดกับโมเลกุลของโลหะชิ้นงานได้อย่างเหนียวแน่น โลหะบัดกรีจะถูกหลอมเหลวและไหลที่อุณหภูมิไม่เกิน 426.6 องศาเซลเซียส แต่ถ้าเกิน426.6 องศาเซลเซียส จะเรียกว่าการบัดกรีแข็ง



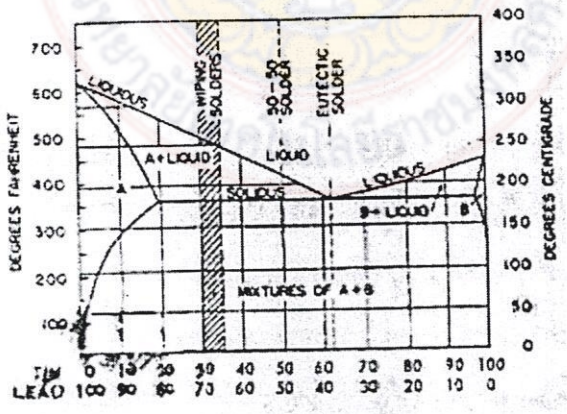
รูปที่ 2.7 แสดงวิธีการบัดกรีด้วยหัวแร้ง และ แสดงลำดับการบัดกรีโดยวิธี Sweating

<u>หลักการบัดกรี</u> การบัดกรีจะไปใช้เป็นวิธีสำหรับป้องกันการรั่วในรอยต่อของโลหะชิ้นงานหรือต้องการความเรียบในรอยต่อและยังนำไปใช้สำหรับการบัดกรีรอยต่ออุปกรณ์ไฟฟ้าซึ่งไม่ต้องการความต้านทานสูงที่รอยต่อรอยต่อที่ได้จากการบัดกรีจะไม่แข็งแรง เท่ากับรอยต่อที่เกิดจากกรรมวิธีในการบัดกรีแข็ง รอยต่อจากการเชื่อม และรอยต่อที่เกิดจากการทำตะเข็บแล้วใช้การบัดกรีกันรั่ว โลหะบัดกรีตามปกติจะใช้ตะกั่วผสมกับดีบุกเป็นโลหะซึ่งนิยมเรียกว่า “ตะกั่วบัดกรี” ตะกั่วบัดกรีบางชนิดจะผสมพลวงและบิสมัทเจือในตะกั่วบัดกรีด้วยอัตราส่วนผสมของพลวงบิสมัทและดีบุกจะมีอัตราส่วนผสมที่แตกต่างกันตามคุณสมบัติของตะกั่วบัดกรีที่ต้องการใช้งานบัดกรี ตะกั่วบัดกรีมีหลายชนิดด้วยกันคือ ดีบุก ทองคำ ทองเหลือง บรอนซ์ และ เหล็กแผ่น รอยต่อของโลหะชิ้นงานที่เกิดจากการบัดกรีจะมีคุณสมบัติเป็นสื่อนำความร้อนที่ดีและเป็นตัวนำไฟฟ้าที่ดีแต่

อย่างไรก็ดีรอยประสานของโลหะบัดกรีจะมีความแข็งแรงน้อยกว่าความแข็งแรงของโลหะชิ้นงาน แต่ถ้าต้องการให้รอยบัดกรีมีคุณภาพดีควรจะทำการบัดกรีที่อุณหภูมิต่ำที่สุดเท่าที่สามารถทำได้ ตะกั่วบัดกรี ที่ใช้กันอยู่ทั่วไปแบ่งออกได้ 6 ชนิด ด้วยกันคือ 50-50, 60-40, 70-30 และ 5-95 โดยตัวเลขหมู่แรกคือเปอร์เซ็นต์ของดีบุกที่เจือปนอยู่ในตะกั่วบัดกรี ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 2.2 แสดงส่วนผสมของดีบุก-ตะกั่ว และอุณหภูมิการหลอมเหลวของตะกั่วที่จะนำไปใช้งาน

เบอร์	%ดีบุก	%ตะกั่ว	อุณหภูมิหลอมเหลว องศาเซลเซียส	การนำไปใช้งาน
1	62	38	182.7	ทั่ว ๆ ไป
2	60	40	190	,,
3	50	50	230	,,
4	40	60	250	,,
5	30	70	270	,,
6	5	95	298.8	(ตะกั่วบัดกรีอุณหภูมิสูง)



รูปที่ 2.8 แสดงกราฟของจุดหลอมเหลวและอุณหภูมิการไหลของตะกั่วบัดกรี

ตะกั่วบัดกรีเริ่มอ่อนตัวและหลอมเหลวที่อุณหภูมิหลอมเหลวของแต่ละส่วนผสมและจะเริ่มไหลตัวได้ง่ายที่อุณหภูมิไหลตัว อุณหภูมิไหลตัวของตะกั่วบัดกรีจะสูงกว่าอุณหภูมิหลอมเหลวเล็กน้อย ตะกั่วบัดกรีชนิด 35-65 และ 70-30 จะอยู่ในสภาวะหลอมเหลว (Plastic) ในช่วงอุณหภูมิกว้าง ตะกั่วบัดกรีชนิดนี้จึงเหมาะสำหรับงานซ่อมหม้อน้ำรถยนต์หรืองานท่อตะกั่วบัดกรีชนิด 62-38 เป็นตะกั่วที่มีจุดหลอมเหลวต่ำที่สุด คือประมาณ 182.7 องศาเซลเซียส หรือเรียกว่ายูแทคติคอัลลอย (Eutectic alloy)

ประโยชน์ของการบัดกรีที่สำคัญที่สุดคือโลหะชิ้นงานจะมีการบิดตัวน้อยที่สุดและการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของโลหะชิ้นงานโดยความร้อนจะส่งผลน้อยมาก

บทที่ 3

ขั้นตอนการวิจัย การผลิตโลหะประสานจุดหลอมต่ำด้วยโลหะผง

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ที่จะหาส่วนประสมระหว่างฟลักซ์กับผงโลหะผสมดีบุก-ตะกั่ว โดยการประสานด้วยเปลวไฟ และลมร้อน หาประสิทธิภาพการยึดเกาะด้วยแรงดึง หลังการประสาน และเพื่อให้การทำวิจัยเป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่กำหนด ผู้วิจัยได้ กำหนดขั้นตอนการดำเนินงานออกเป็น ดังนี้

1. การวางแผนวิธีและขั้นตอนการวิจัย
2. การผลิตผงโลหะ Sn+Pb (60: 40)
3. การนำผงโลหะ Sn+Pb มาผสม Flux (ยางสนชนิดครีม)
4. ทดสอบการหลอมและการประสาน

3.1 วิธีและขั้นตอนการวิจัย

<u>กิจกรรมที่ 1</u> ศึกษาเอกสาร ตำรา และงานวิจัยในหัวข้อการผลิตผงโลหะด้วยเครื่องอะตอมไมเซอร์ ตลอดจนเกี่ยวกับการประสานด้วยการบัดกรี (Soldering)

วิธีการ ค้นหาเอกสาร ตำราจากห้องสมุดและอินเตอร์เน็ตตลอดจนศึกษาการทำงานของเครื่องอะตอม ไมเซอร์และข้อมูล

ระยะเวลา 3 เดือน ก่อนเริ่มโครงการ

<u>กิจกรรมที่ 2</u> เตรียมวัสดุที่ใช้พร้อมทั้งตรวจสอบความพร้อมของอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตโลหะผง

- เตาหลอมโลหะแบบเตาเบ้า (Crucible Furnace)
- เบ้าจ่ายโลหะเหลว (Tundish) ทำด้วยซิลิคอนคาร์ไบด์พร้อมชุดให้ความร้อนช่วง 200 องศาเซลเซียส – 1200 องศาเซลเซียส
- หัวฉีดพ่นอากาศ (Nozzle)

ระยะเวลา 1 เดือน

<u>กิจกรรมที่ 3</u> วิธีการ ดำเนินการฉีดและแยกขนาดผงโลหะดังนี้

ส่วนผสม 60 %Sn 40% Pb

ระยะเวลา 2 เดือน

กิจกรรมที่ 4 วิธีการ นำผงโลหะที่ได้มาผสมกับฟลักซ์และทดลองโดยใช้แหล่งความร้อน ดังนี้

- แหล่งความร้อนจากกระแสไฟฟ้า (เตาอบชุบโลหะ)
- แหล่งความร้อนจากเปลวไฟ (แก๊สหูงต้ม)
- แหล่งความร้อนจากลมร้อน (หัวเชื่อมพลาสติกด้วยลมร้อน)
- นำชิ้นงานทดสอบเพื่อหาค่าความแข็งแรงแรงดึง

ระยะเวลา 1 เดือน

กิจกรรมที่ 5 สรุปและเขียนรายงาน

วิธีการ สรุปประเมินผลการทดสอบและเขียนรายงาน

- วิธีประเมินผล นำค่าความแข็งแรงดึง มาเปรียบเทียบของแต่ละส่วนผสม

ระยะเวลา 2 เดือน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

ตาราง 3.1 แผนการดำเนินงานตลอดโครงการ (12 เดือน)

กิจกรรม	ก่อนเริ่มโครงการ	ระยะเวลาดำเนินงาน					
		ต.ค. 48	พ.ย. 48	ธ.ค. 48	ม.ค. 49	ก.พ. 49	มี.ค. 49
1. ทบทวนเอกสารและศึกษาชนิดของฟลักซ์ตลอดจนการใช้งานของเครื่องแก็สอะตอมไมเซอร์	←	→					
2. ดำเนินการทดลอง - พ่นผงโลหะ - ผสมตัวประสาน - ทดสอบความแข็งแรง - การนำไฟฟ้า		←	—	—	—	→	
3. สรุปผลและเขียนรายงาน						←	→

3.2 การผลิตผงโลหะ Sn+Pb (60 : 40)

การดำเนินงานในขั้นตอนนี้ คือใช้เครื่องแก็สอะตอมไมเซอร์ผลิตผงโลหะจากนั้นนำผงโลหะที่ได้จากการผลิตมาแยกขนาด ด้วยตะแกรงมาตรฐาน (มาตรฐาน ASTM E11) ซึ่งในการดำเนินการผลิตผงโลหะSn+Pb จะแยกการดำเนินการผลิตออกเป็น 2 ส่วนผสม ดังนี้

- การผลิตผงโลหะSn+Pb (60: 40)

3.2.1 การผลิตผงโลหะSn+Pb (60: 40)

การดำเนินงานในขั้นตอนนี้จะใช้โลหะดีบุกผสมกับตะกั่วในสัดส่วน ดีบุก 60% และตะกั่ว 40% ผลิตผงโลหะ โดยใช้เครื่องแก็สอะตอมไมเซอร์ผลิต ซึ่งมีขั้นตอนการดำเนินการผลิตดังนี้

- การเตรียมวัสดุที่ใช้ในการผลิตผงโลหะ พร้อมทั้งตรวจสอบอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตผงโลหะ
- การฉีดพ่นผงโลหะและแยกขนาดผงโลหะ

วัสดุที่ใช้

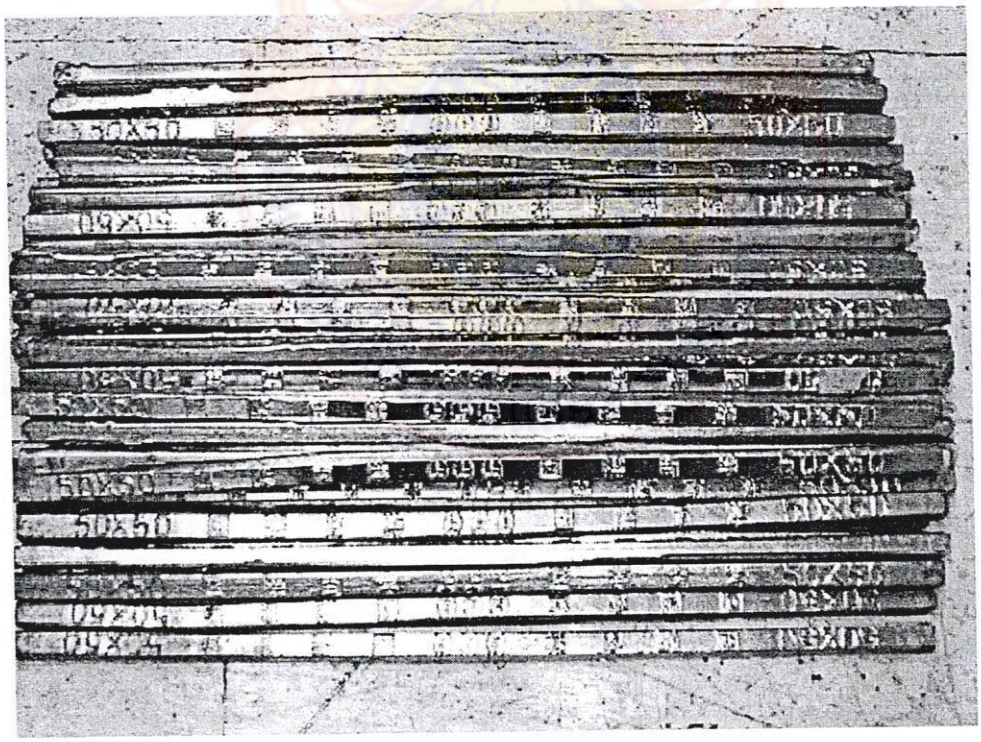
โลหะดีบุกผสมตะกั่ว (60:40) 10 กิโลกรัม

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เครื่องแก็สอะตอมไมเซอร์
2. เตาเบ้า
3. ชุดตะแกรงมาตรฐาน
4. แปรงขนอ่อน
5. ภาชนะใส่ผงโลหะ
6. ตาชั่ง

ขั้นตอนการเตรียมวัสดุ ดีบุก – ตะกั่ว

1. นำแท่งดีบุก-ตะกั่ว ส่วนผสม 60: 40 ขนาด $\frac{1"}{2} x \frac{1"}{2} x 10"$ โดยนำมาตัดให้ได้ความยาวประมาณ 4 ซม.
2. นำแท่งดีบุก-ตะกั่ว ชิ้นสั้นๆ มาชั่งน้ำหนักประมาณ 1000 กรัม



รูปที่ 3.1 แท่งดีบุกตะกั่วใช้สำหรับผลิตผง

ขั้นตอนการเตรียมเบ้าหลอม

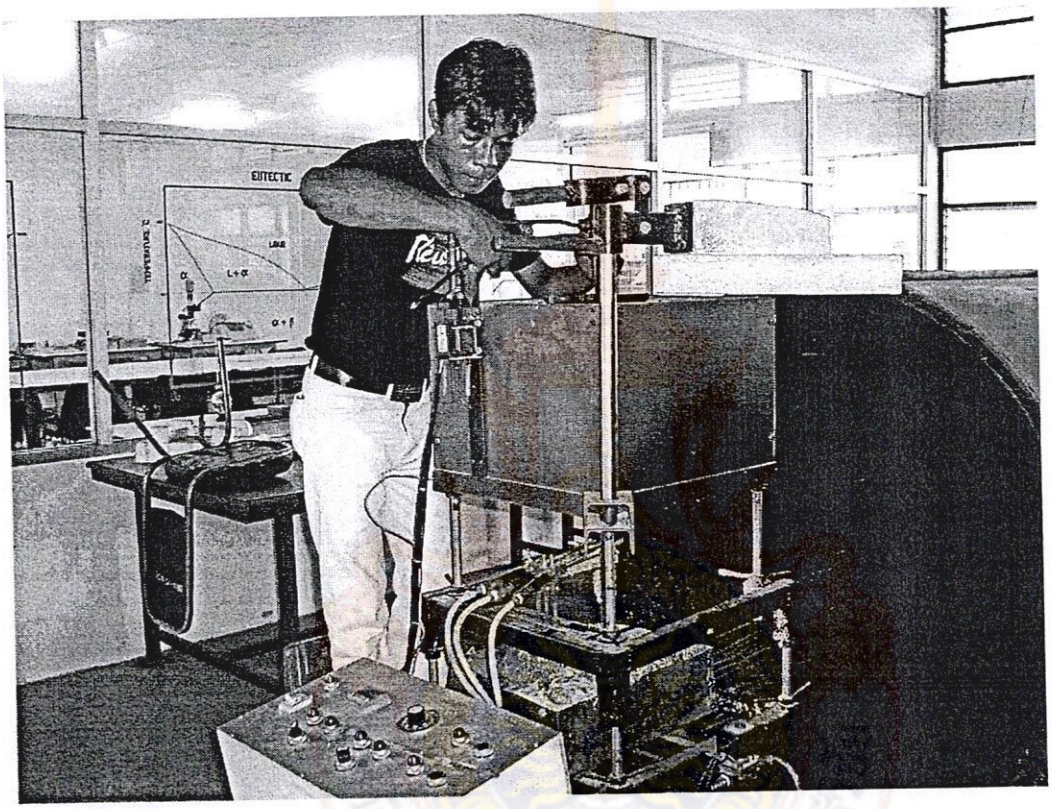
1. ผสมปูนทนไฟ 3 ครั้ง ดังนี้
   1.1 ผสมให้มีความข้นโดยใช้ปูนทนไฟ : น้ำในอัตราส่วน 1:1 แล้วเทลงที่ก้นเบ้า ทิ้งไว้ประมาณ 2 นาที
   1.2 ผสมให้มีความเหลวกว่าครั้งแรกโดยใช้ปูนทนไฟ : น้ำในอัตราส่วน 1:2 ประมาณ 2 นาที แล้วเททับลงไปทิ้งไว้ประมาณ 5 นาที
   1.3 ผสมให้มีความเหลวกว่าครั้ง ที่ 1 และ 2 เททับรอยโดยเอียงเบ้าประมาณ 45 องศา
2. ผสมปูนทนไฟเหลวพอประมาณ แล้วอุดที่ปลายท่อเซรามิก ให้ลึกลงไปประมาณ 1 เซนติเมตร
3. เจาะรูที่ปลายท่อเซรามิด้วยดอกสว่านโต 2 มม. บริเวณตรงกลาง 1 รู
4. เทปูนรอบๆ ก้นเบ้าทับอีกครั้งโดยผสมปูนให้มีความเหลวอัตราส่วน 1:2.5
5. ตกแต่งบริเวณรอบก้นเบ้าให้เรียบ
6. ทิ้งไว้ให้แห้ง

รูปที่ 3.2 เบ้าหลอมโลหะดีบุก-ตะกั่ว

055641
0.669
2847
2550
ค.1

ขั้นตอนการเตรียมเครื่องแก๊สอะตอมไมเซอร์และอุปกรณ์

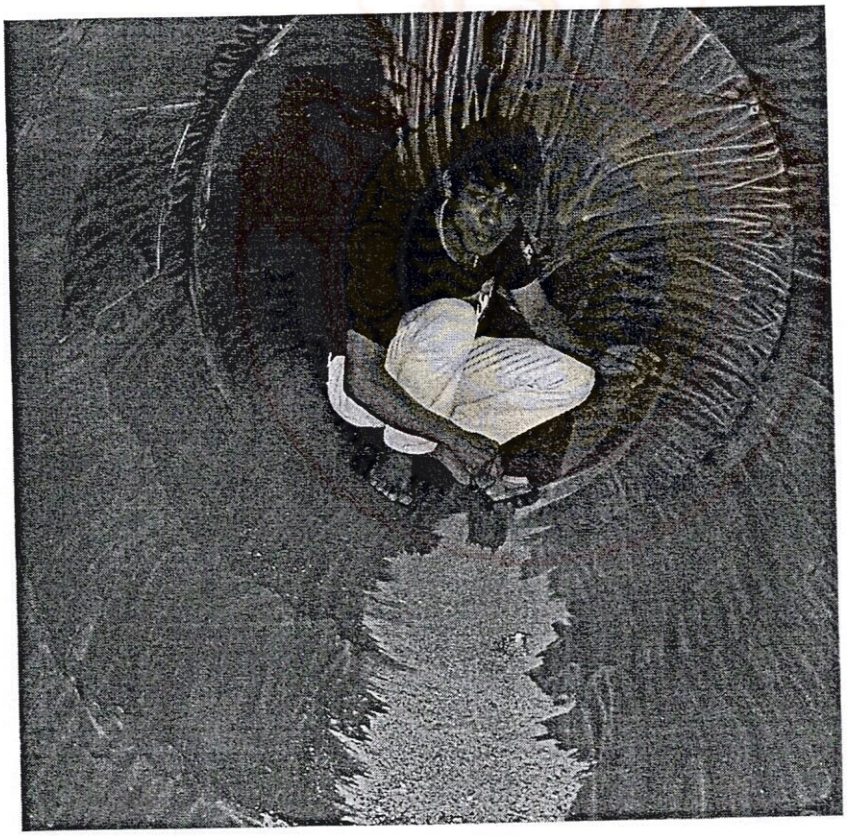
1. ตรวจสอบค่าความต้านทานของขดลวดความร้อนของเครื่องแก๊สอะตอมไมเซอร์
2. ตรวจสอบการทำงานของหัวพ่นแก๊ส
3. ตรวจสอบปั๊มลม ที่ใช้พ่นโลหะผง
4. ตรวจสอบวงจรควบคุมการทำงานของเครื่องแก๊สอะตอมไมเซอร์



รูปที่ 3.3 แสดงการเตรียมเครื่องแก๊สอะตอมไมเซอร์และอุปกรณ์

ขั้นตอนการพ่นผงโลหะ

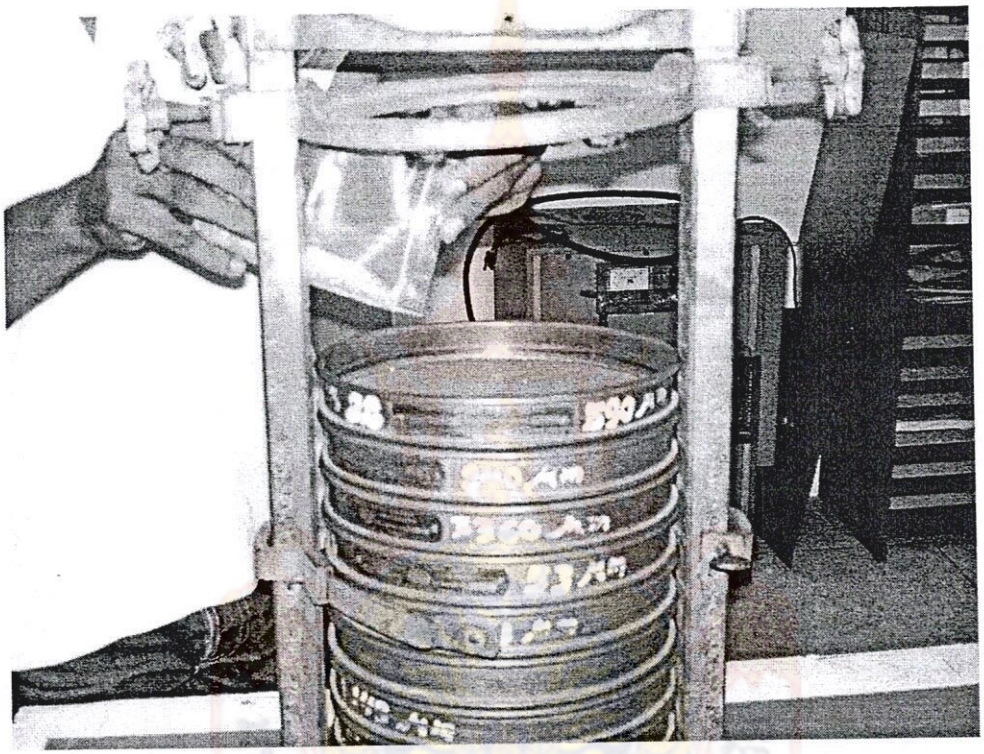
1. นำเบ้าหลอมโลหะวางในเตาหลอมความต้านทาน
2. ประกอบชุดควบคุมการจ่ายน้ำโลหะ
3. ปรับตั้งอุณหภูมิของเครื่องให้ได้ตามที่ต้องการ คือ 200 องศาเซลเซียส และเพิ่มอุณหภูมิซุปเปอร์ฮีทอีก 150 องศา เป็น 350 องศาเซลเซียส
4. ประกอบท่อจ่ายแก๊ส (ลม) กับชุดหัวพ่นแล้วทดสอบการทำงาน
5. อุ่นเบ้าหลอมประมาณ 30 นาที
6. หลังจากนั้นนำวัสดุที่จะหลอมใส่ลงในเบ้าหลอม และใช้เวลาประมาณ30นาที เพื่อให้โลหะหลอมละลาย
7. ปิดสวิตซ์เครื่อง แล้วกดปุ่มปล่อยแก๊ส (ลม) เพื่อพ่นน้ำโลหะเข้าห้องเก็บผงโลหะ โดยจะใช้เวลาประมาณ 3-5 นาที
8. กวาดผงโลหะที่พ่นได้ในห้องเก็บผงโลหะที่พ่นโดยใช้แปลงขนอ่อนกวาดผงโลหะ
9. นำไปร่อนด้วยชุดตะแกรงมาตรฐาน



รูปที่ 3.4 ผงโลหะที่ได้จากการพ่น

ขั้นตอนการแยกขนาดผงโลหะ

1. ชั่งผงโลหะที่ได้จากการพ่นทั้งหมด ได้ 742 กรัม
2. นำผงโลหะเทใส่ลงในตะแกรงมาตรฐาน เบอร์ 6 (ขนาด 3360 ไมครอน) แล้วนำไปร่อนโดยผงโลหะจะค้างอยู่ที่ตะแกรงต่างๆตาม ตารางที่ 3.1



รูปที่ 3.5 ชุดตะแกรงมาตรฐานที่ใช้ในการคัดแยกขนาดผงโลหะ

ตารางที่ 3.2 แสดงค่าการกระจายตัวของผงโลหะ Sn+Pb (60:40) โดยใช้แรงดันอากาศสูงสุด 140 psi อุณหภูมิซุปเปอร์ฮีท 150°C หัวจ่ายโลหะเหลว ∅ 2 mm.

Sieve No.	Sieve Opening(micron)	Wt Retained (g)
6	3360	80
12	1620	45
20	840	42
28	590	25
35	420	40
48	297	50
65	210	70
100	140	50
150	105	60
200	74	70
270	53	50
pan	-53	160

หมายเหตุ: การนำผงโลหะไปทดสอบผสมกับฟลักซ์ (ยางสน ชนิดครีม) โดยจะใช้ผงโลหะที่ได้จากการร่อนด้วยชุดตะแกรงมาตรฐาน ตั้งแต่ เบอร์ 28 (ขนาด 590 ไมครอน) จนถึง ตะแกรงเบอร์ 270 (ขนาด 53 ไมครอน) มารวมกันจากนั้นนำไปผสมกับฟลักซ์

3.3 การนำผงโลหะ Sn+Pb(60:40) มาผสม Flux (ยางสนชนิดครีม)

การดำเนินงานขั้นตอนนี้ คือการนำผงโลหะที่ได้จากการร่อนด้วยตะแกรงเบอร์28- เบอร์270ที่นำมารวมกันและชั่งน้ำหนัก 50 กรัม จากนั้นนำไปผสมกับฟลักซ์โดยกำหนดสัดส่วนผสมฟลักซ์ดังนี้ 0.5% 1% 1.5% 2% 2.5% 3% 4% 5% 6% 7% 8% 9% 10% ตามลำดับจากนั้นนำมาผสมกันในภาชนะโดยใช้ความร้อนจากน้ำร้อนประมาณ 90 องศาเซลเซียสเพื่อให้ฟลักซ์ละลาย

เครื่องมือและวัสดุที่ใช้ในการทดลอง

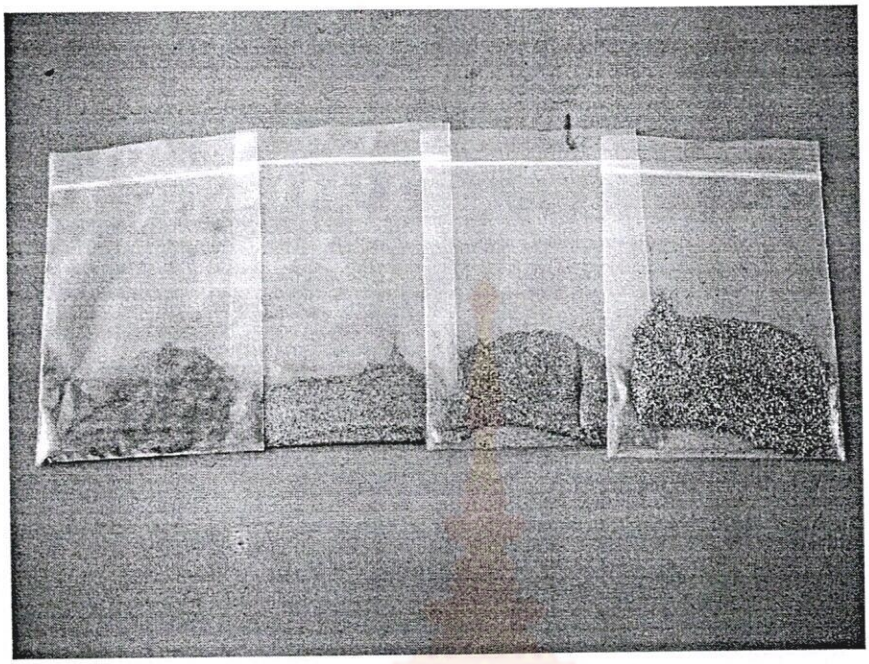
1. ผงโลหะ ดีบุก- ตะกั่ว
2. ฟลักซ์ (ยางสนชนิดครีม)
3. ภาชนะต้มน้ำร้อน
4. เตาให้ความร้อน
5. ภาชนะใส่ผงโลหะ
6. แท่งแก้วสำหรับกวน
7. ตาชั่ง

ขั้นตอนการนำผงโลหะมาผสมกับฟลักซ์

1. ชั่งผงโลหะ 50 กรัม จำนวน 13 ตัวอย่างจาก 0.5%-10%
2. ชั่งฟลักซ์ให้ได้0.5% - 10% โดยน้ำหนักของผงโลหะ 50 กรัม เพื่อผสมกับผงโลหะในข้อที่1
3. ต้มน้ำให้ได้อุณหภูมิ ประมาณ 90 องศาเซลเซียส
4. ใส่ฟลักซ์ลงในภาชนะและรอจนฟลักซ์ละลาย
5. เทผงโลหะ ลงในฟลักซ์ที่ละลาย
6. ใช้แท่งแก้วกวนจนผงโลหะกับฟลักซ์เข้ากันได้ดีใช้เวลาในการกวนประมาณ 4-5 นาที
7. นำขึ้นจากน้ำร้อน แล้วกวนต่ออีก ประมาณ 3-4 นาที
8. ทำลักษณะเดียวกันทุกๆเปอร์เซ็นของฟลักซ์จาก 0.5% - 10% โดยน้ำหนักของผงโลหะ (50 กรัม)

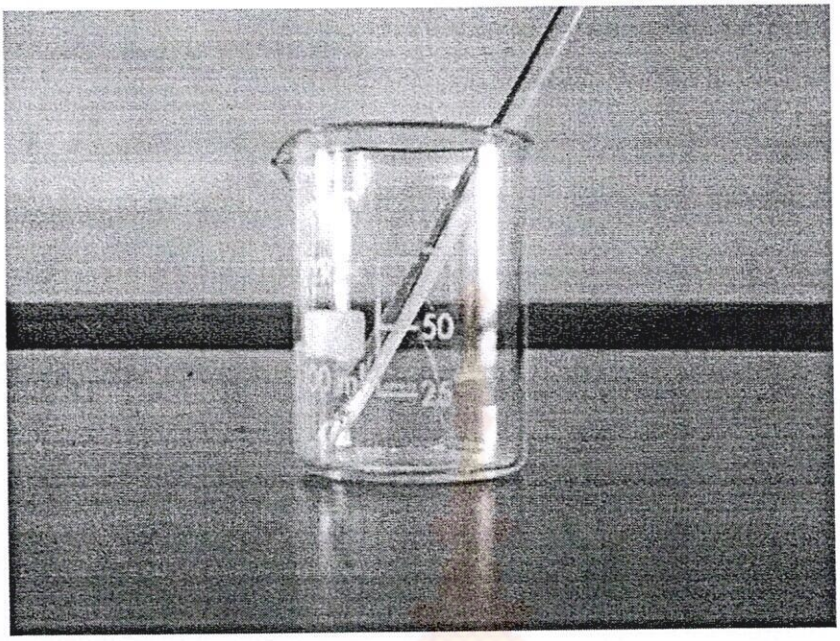
ตารางที่ 3.3 การทดสอบหาส่วนผสมของฟลักซ์ กับผง Sn+Pb (60:40) โดยใช้ ผงโลหะ 50 กรัม ทุกส่วนผสม

เปอร์เซ็นต์ของ ฟลักซ์ เทียบกับผง Pb+Sn 50 กรัม	น้ำหนักผง Pb+Sn (กรัม)	น้ำหนักของ Flux (กรัม) ที่ต้องใช้
0.5%	50	0.25
1%	50	0.5
1.5%	50	0.75
2%	50	1.00
2.5%	50	1.25
3%	50	1.50
4%	50	2.00
5%	50	2.50
6%	50	3
7%	50	3.5
8%	50	4
9%	50	4.5
10%	50	5

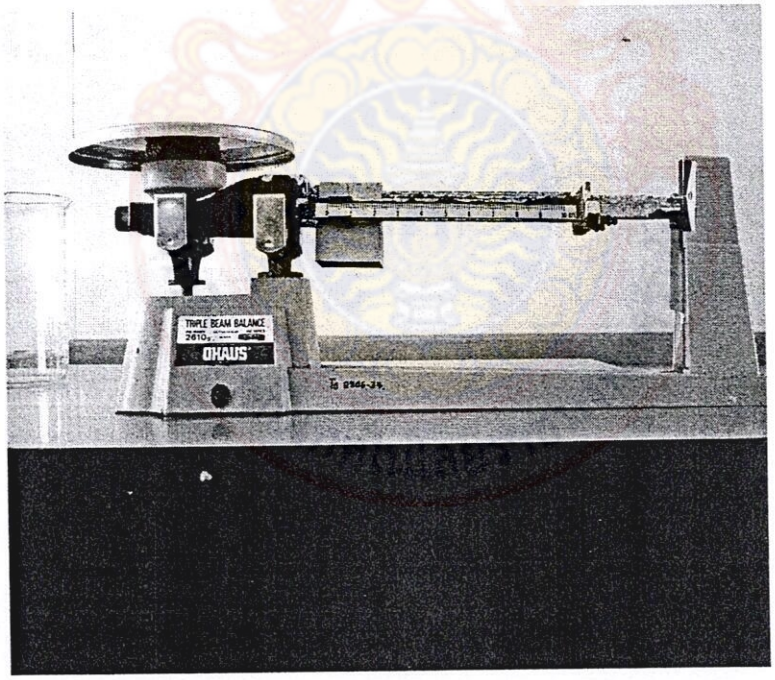


รูปที่ 3.6 ผงโลหะ Sn+Pb (60:40) ที่ได้จากการร่อนด้วยตะแกรงมาตรฐาน

รูปที่ 3.7 ฟลักซ์(ยางสนชนิดครีม)

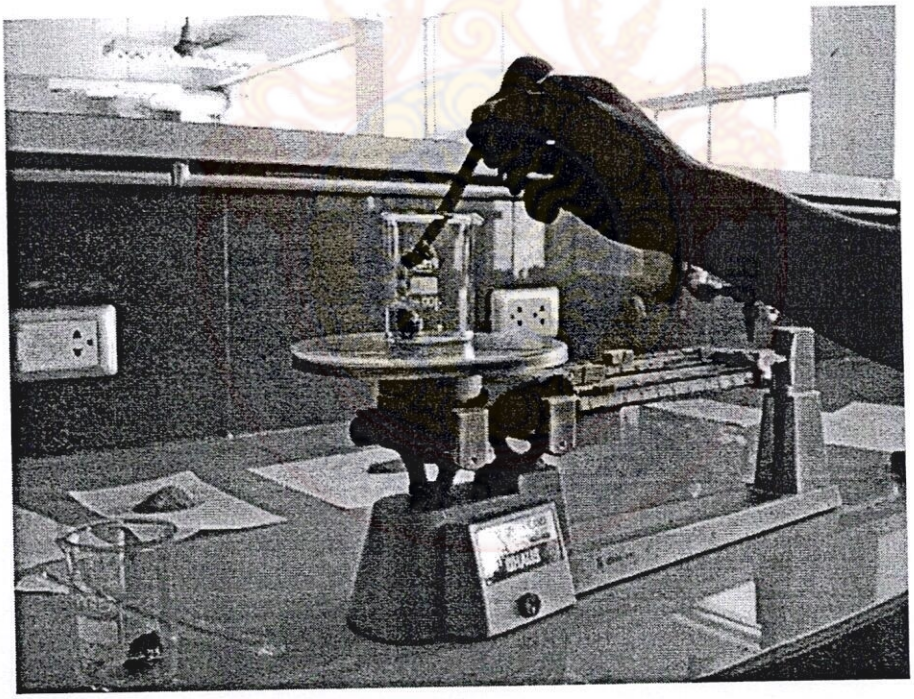


รูปที่ 3.8 ภาชนะที่ใช้ผสมระหว่างฟลักซ์กับผงโลหะ Sn+Pb และแท่งแก้วที่ใช้ในการกวน

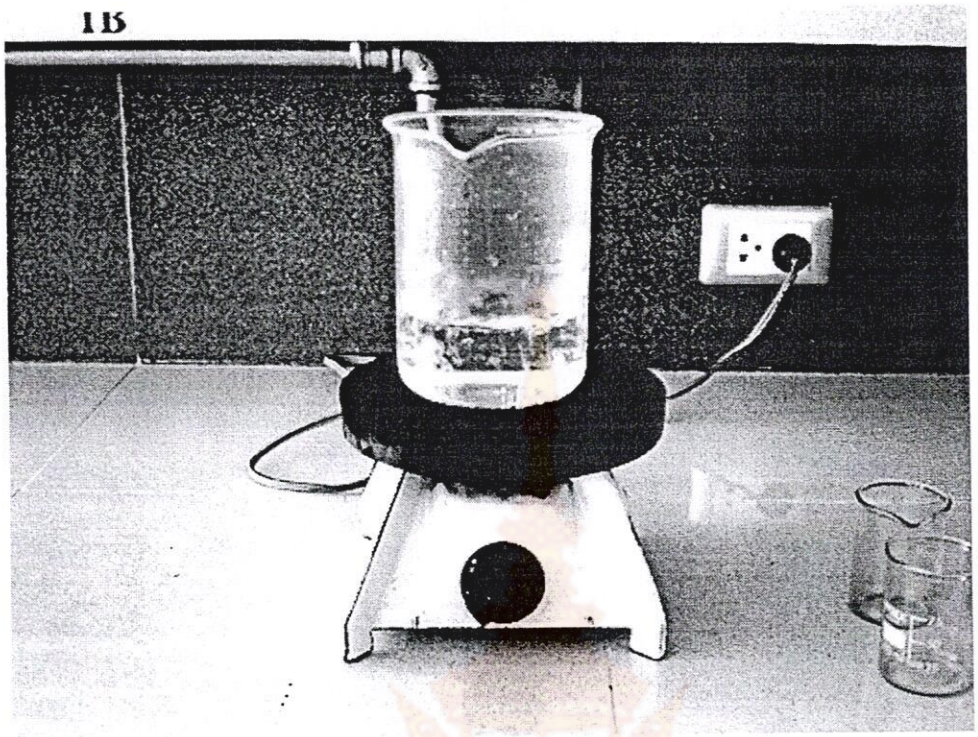


รูปที่ 3.9 ตาชั่งที่ใช้ในการชั่งผงโลหะและ ฟลักซ์

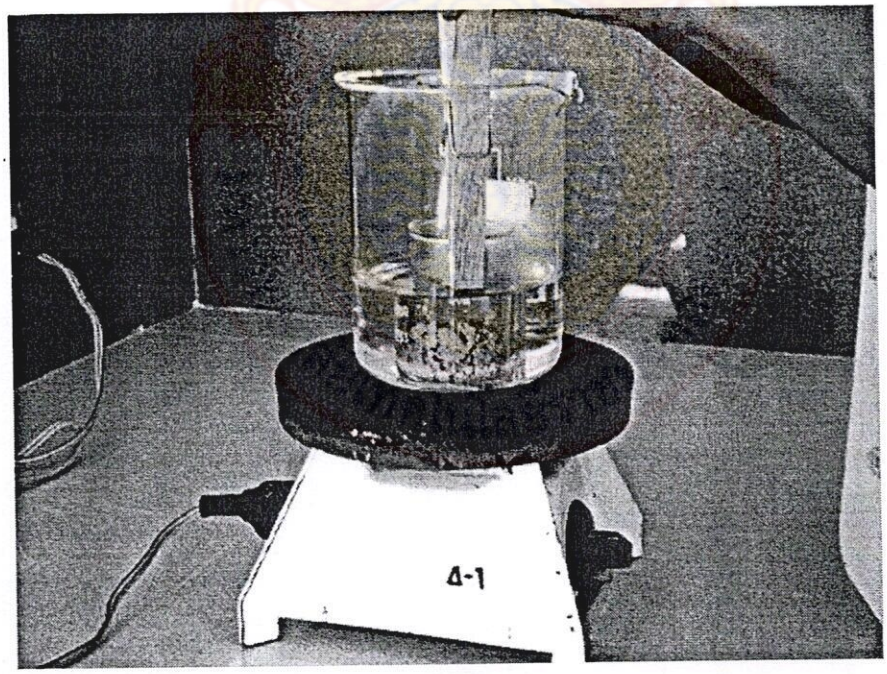
รูปที่ 3.10 แสดงการชั่งผงโลหะ



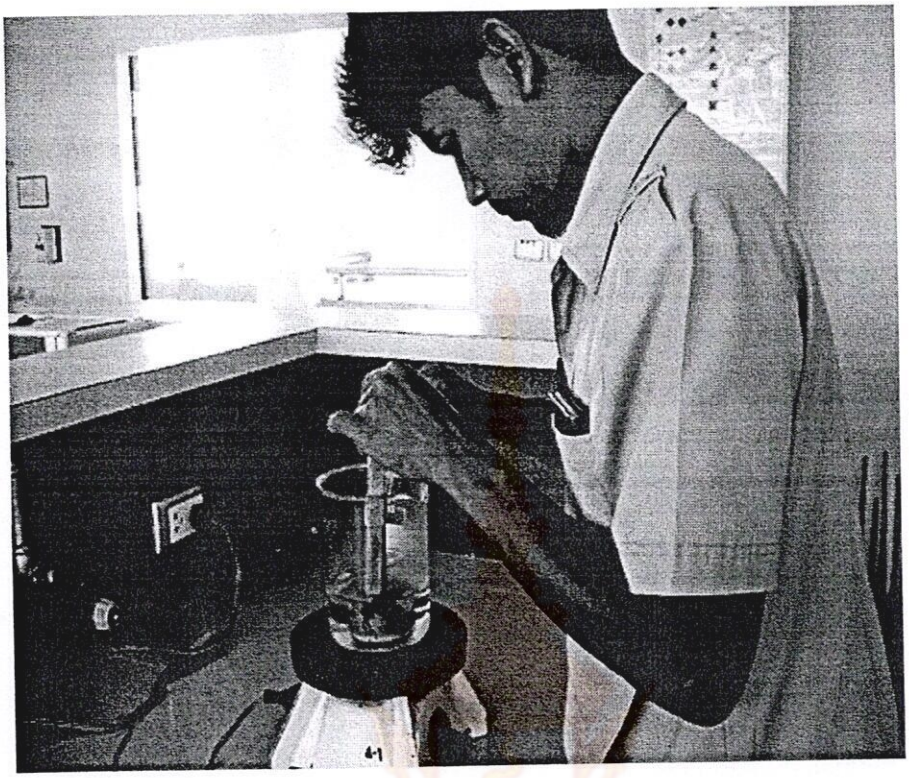
รูปที่ 3.11 แสดงการชั่งฟลักซ์



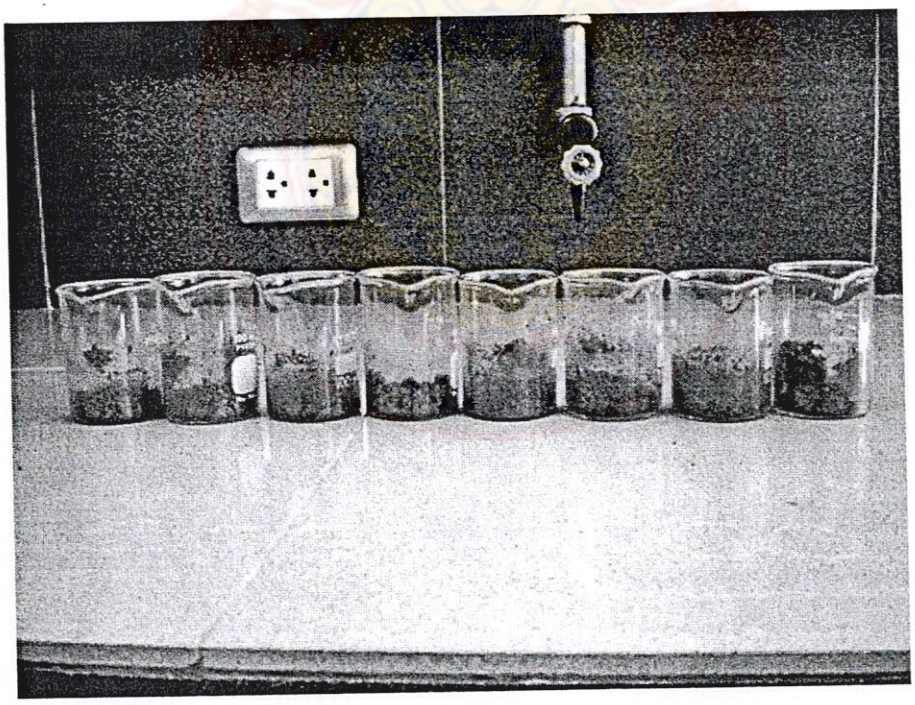
รูปที่ 3.12 แสดงการต้มน้ำร้อนที่อุณหภูมิประมาณ 90 องศาเซลเซียส



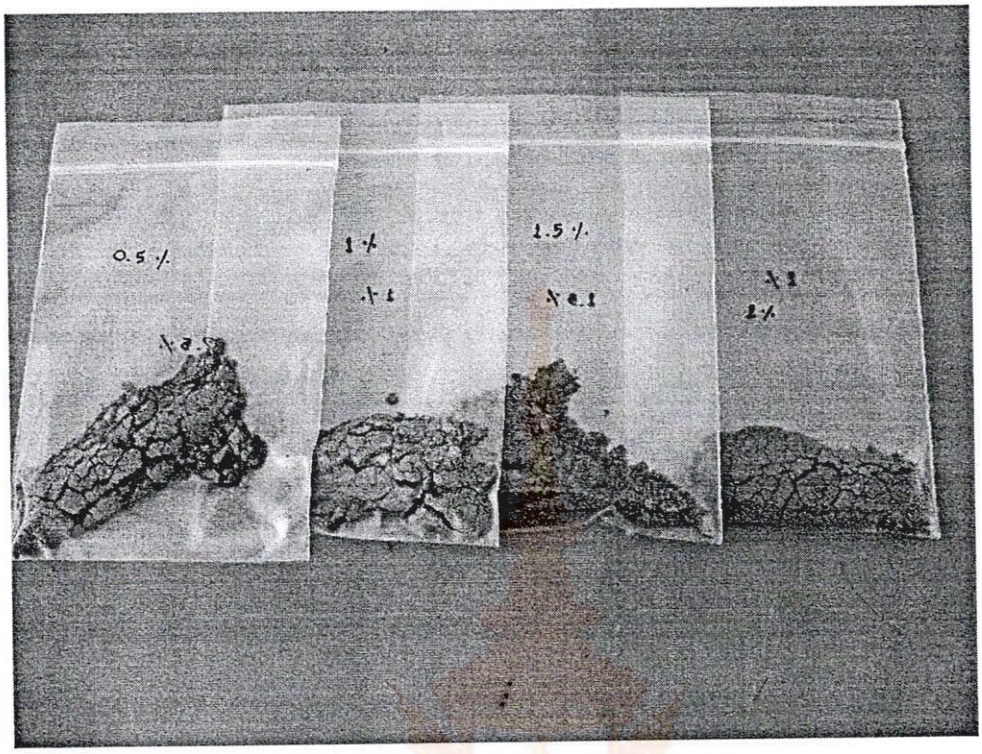
รูปที่ 3.13 แสดงการผสมผงโลหะกับฟลักซ์ ในภาชนะที่ต้มน้ำร้อน



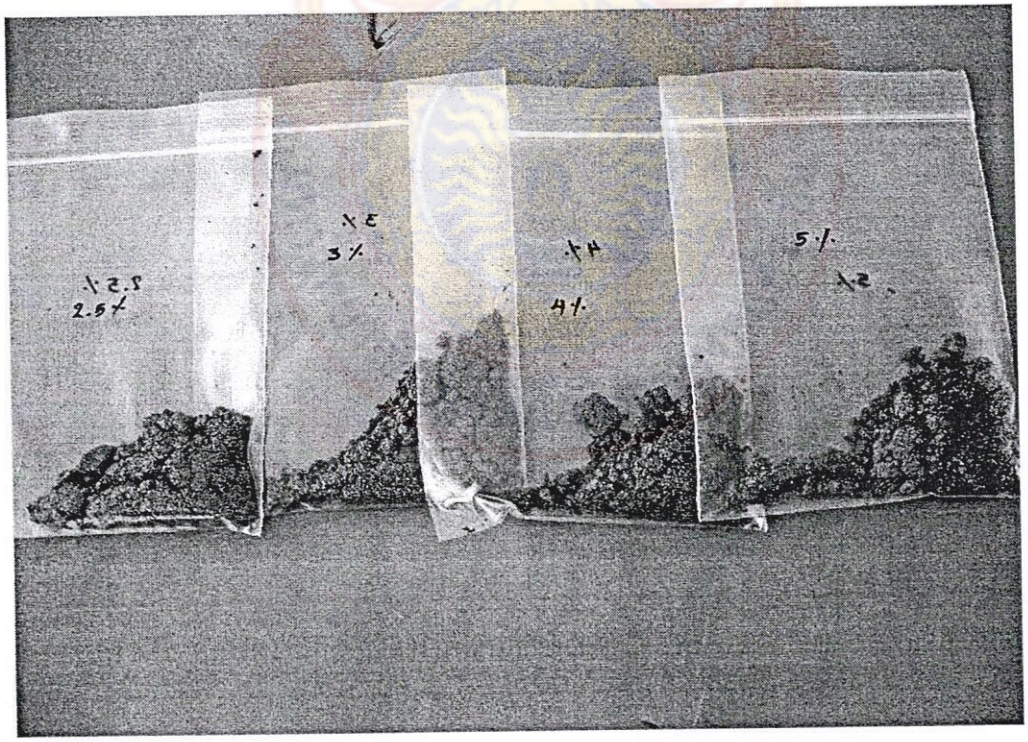
รูปที่ 3.14 แสดงการกวนผสมให้เข้ากันระหว่างผงโลหะกับฟลักซ์ในน้ำร้อน



รูปที่ 3.15 แสดงผงโลหะกับฟลักซ์หลังการผสมแล้ว



รูปที่ 3.16 แสดงผงโลหะ 50 กรัม กับ ฟลักซ์0.5 % 1% 1.5% 2%หลังการผสมแล้ว



รูปที่ 3.17 แสดงผงโลหะ 50 กรัม กับ ฟลักซ์ 2.5% 3% 4% 5%หลังการผสมแล้ว

3.4 การนำไปทดสอบการหลอมละลายและการประสาน

การดำเนินการในขั้นตอนนี้คือ การนำผงโลหะที่ผสมฟลักซ์ที่ต่างกัน และที่ยังไม่ได้ผสมฟลักซ์มาทดสอบหาการหลอมละลาย และการประสาน ซึ่งในการทดสอบแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน คือ

- การทดสอบการหลอมละลาย
- การทดสอบการประสาน

เครื่องมือและวัสดุที่ใช้ในการทดสอบ

1. ผงโลหะที่ผสมฟลักซ์ และไม่ผสมฟลักซ์
2. เหล็กแผ่นอาบสังกะสี เบอร์ 26
3. เตาอบชุบ
4. คีมจับงาน
5. ถุงมือ
6. นาฬิกาจับเวลา
7. ลวดสายไฟขนาด 2.5 มม^2. และขนาด 4 มม^2.
8. โมลโลหะอลูมิเนียม
9. เตาอบชุบ
10. กระดาษทราย

3.4.1 การทดสอบการหลอมละลาย

ในการทดสอบนี้เพื่อหาว่าส่วนผสมของฟลักซ์ ที่ส่วนผสมใดหลอมละลายได้ดีที่สุด ที่อุณหภูมิเดียวกัน รูปลักษณะการหลอมละลายว่ามีความเหมือนหรือแตกต่าง ซึ่งมีหัวข้อทดสอบดังนี้

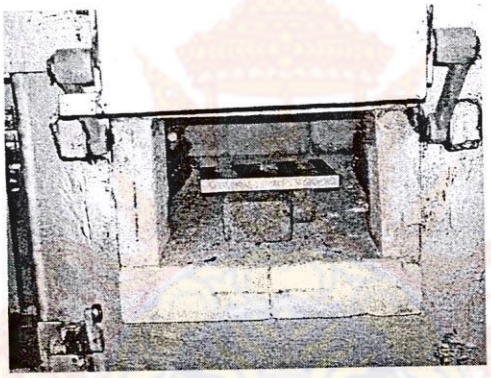
- การทดสอบการหลอมละลายด้วยเตาอบชุบ
- การทดสอบการหลอมละลายด้วยหัวแร้งบัดกรี

การทดสอบการหลอมละลายด้วยเตาอบชุบ

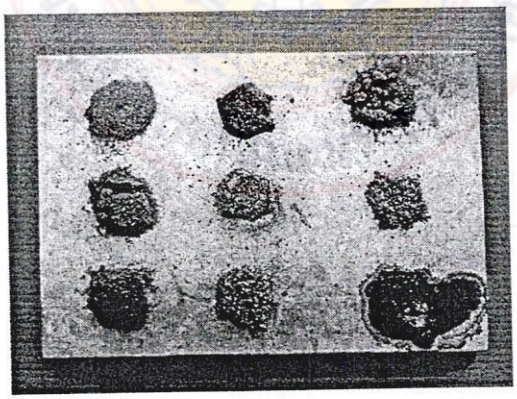
การทดสอบในขั้นตอนนี้จะใช้วัสดุโลหะดีบุก-ตะกั่ว 60:40 ที่ผสมกับฟลักซ์ในส่วนผสมเปอร์เซนต์ต่างๆ และยังไม่ผสม เพื่อหาว่าส่วนผสมของผงโลหะกับฟลักซ์ที่ส่วนผสมใดหลอมละลายได้ดีที่สุดที่อุณหภูมิ 350°C

ขั้นตอนการทดสอบ

1. นำผงโลหะที่จะทดสอบ โดยใช้ปริมาณ 5 กรัม ของแต่ละส่วนผสม จำนวน 14 ส่วนผสม คือ 0.5 % 1 % 1.5 % 0.2 % 2.5 % 3 % 4 % 5 % 6% 7% 8% 9% 10% และที่ไม่ได้ผสมฟลักซ์
2. ตั้งอุณหภูมิทดสอบ 350^{o}C
3. นำผงโลหะที่เตรียมไว้เข้าเตาอบใช้เวลาประมาณ 5 นาที
4. เปิดฝาเตาเพื่อดูว่าผงโลหะหลอมละลายหรือไม่ ถ้ายังไม่หลอมละลายให้เพิ่มอุณหภูมิครั้งละ 50 องศาเซลเซียส ทุกๆ 10 นาที จนกระทั้งโลหะจะหลอมละลาย
5. เปิดเตาแล้วรอให้ผงโลหะแข็งตัว
6. นำผงโลหะที่ทดสอบออกจากเตา



รูปที่ 3.18 เตาที่ใช้ในการหลอมละลาย



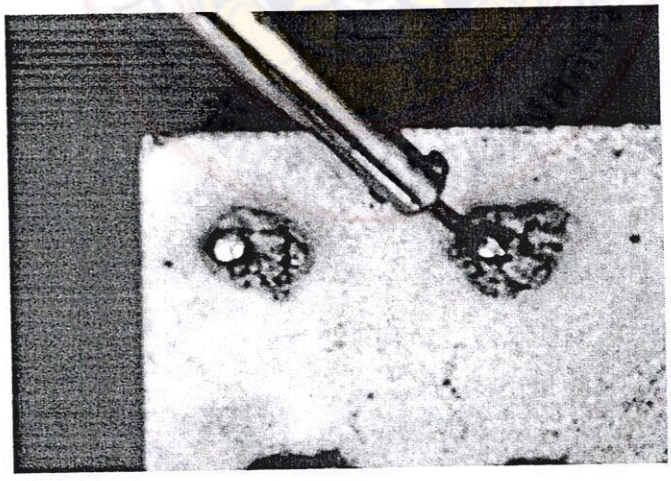
รูปที่ 3.19 ผงโลหะดีบุก : ตะกั่ว ขนาด 60:40 หลังการทดสอบการหลอมละลายที่อุณหภูมิ 350°C จากเตาอบชุบในลักษณะ Mold เปิด

การทดสอบการหลอมละลายด้วยหัวแร้งบัดกรี

ขั้นตอนการทดสอบ

1. นำผงโลหะที่จะทดลอง โดยใช้ปริมาณ 5 กรัม ของแต่ละส่วนผสม จำนวน 14 ส่วนผสม คือ 0.5 % 1 % 1.5 % 0.2 % 2.5 % 3 % 4 % 5 % 6% 7% 8% 9% 10% และที่ไม่ได้ผสมฟลักซ์
2. ใช้หัวแร้งจุ่มที่ผงโลหะทุกๆส่วนผสม
3. ดูลักษณะการหลอมละลายและการยึดเกาะกับหัวแร้งของผงโลหะที่ทุกๆส่วนผสม

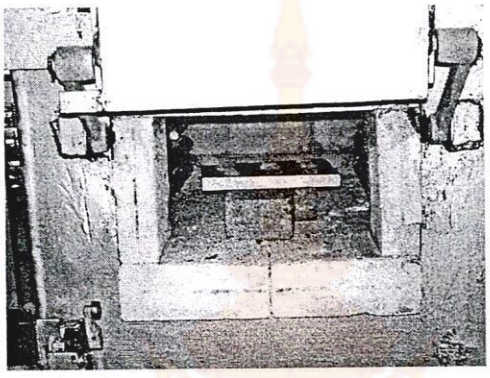
รูปที่ 3.20 หัวแร้งบัดกรี



รูปที่ 3.21 แสดงการหลอมละลายของผงดีบุก-ตะกั่วด้วยหัวแร้งบัดกรี

3.4.2 การทดสอบการประสาน

การทดสอบในขั้นตอนนี้คือ นำชิ้นงานทดสอบ(ลวดสายไฟ) ขนาด 2.5 มม^2. จำนวน 2 เส้น มาทำการประสาน โดยใช้ผงโลหะที่ส่วนผสมต่างกันของฟลักซ์ โดยลักษณะต่อชน ภายใน Mold แบบปิด โดยวิธีทดสอบโดยใช้ความร้อนจากเตาอบชุบ



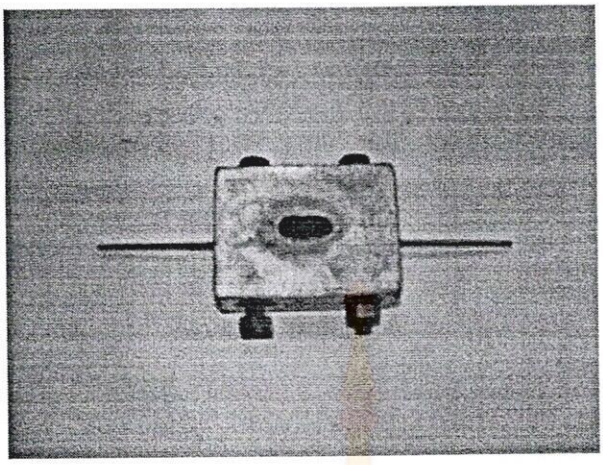
รูปที่ 3.22 เตาอบชุบ

การทดสอบโดยใช้ความร้อนจากเตาอบชุบ

การทดสอบวิธีนี้จะใช้ความร้อนจากขดลวดที่อยู่ในเตา โดยตั้งอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิการหลอมละลาย ของโลหะดีบุก – ตะกั่วที่อุณหภูมิ 350°C และ 400°C

ขั้นตอนการทดสอบ

1. เตรียมสายไฟขนาด 2.5 มม^2. ความยาว 4 มม^2. จำนวน 2 เส้น
2. เตรียมโมลที่ใช้ทดสอบการประสานทำ ด้วยโลหะอลูมิเนียม
3. นำชิ้นงานทดสอบวางในโมล
4. เติมผงโลหะที่จะประสานลงไปในโมลของชิ้นงานทดสอบ
5. นำสายไฟ 2 เส้นวางในโมลในลักษณะต่อชน
6. นำ Mold เข้าเตาที่ตั้งอุณหภูมิ 350°C และ 400°C
7. ใช้เวลาประมาณ 5 นาที เพื่อตรวจสอบการหลอมละลาย



รูปที่ 3.23 การประสานชิ้นงานทดสอบใน Mold อลูมิเนียม

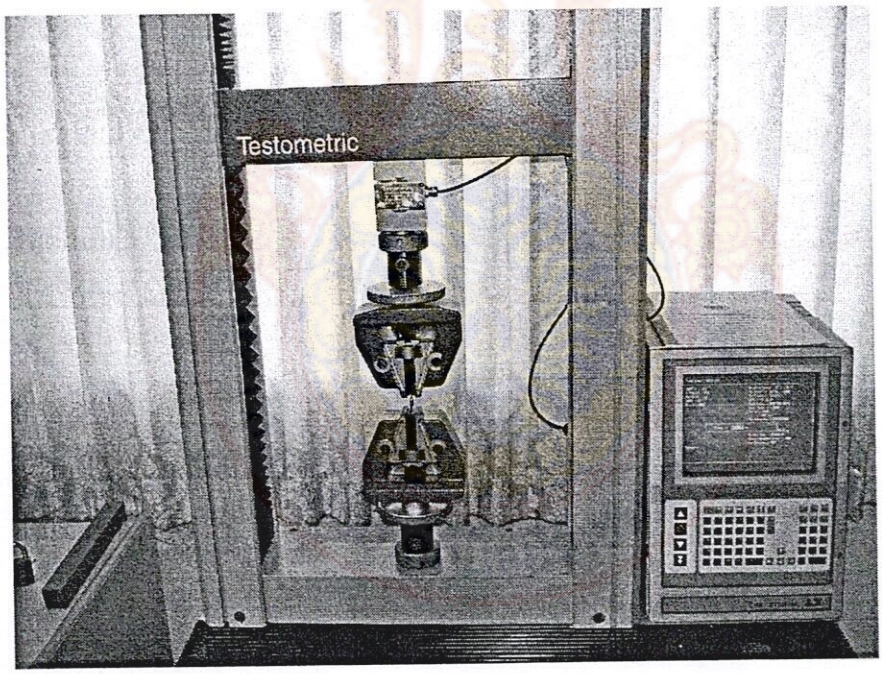
รูปที่ 3.24 ชิ้นงานที่ประสานใน Mold อลูมิเนียม

3.4.3 การทดสอบความแข็งแรงลักษณะแรงดึง

การดำเนินการในขั้นตอนนี้ คือการนำเอาชิ้นงานทดสอบจากการประสาน มาทำการทดสอบแรงดึงด้วยเครื่องทดสอบแรงดึง ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนการทดสอบ

1. เตรียมชิ้นงานที่ผ่านขั้นตอนการประสาน ของทุกๆส่วนผสม
2. นำชิ้นงานเข้าเครื่องทดสอบแรงดึง
3. ทำการทดสอบแรงดึง
4. ทำการดึงจนชิ้นงานทดสอบขาดจากกัน
5. บันทึกค่าแรงดึงสูงสุด



รูปที่ 3.25 การทดแรงดึงเพื่อหาค่าการยึดเกาะระหว่างลวดทองแดงกับโลหะประสาน

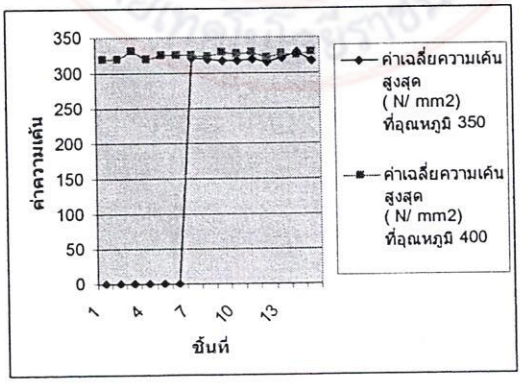
ผลการทดสอบการหลอมละลายของผงโลหะดีบุก-ตะกั่ว ภายใน Mold ด้วยเตาไฟฟ้าของลวดทองแดงขนาด 2.5 มม^2 และ 4 มม^2

ตารางที่ 3.4 ตารางแสดงค่าความเค้นดึงสูงสุดของการประสานลวดทองแดงขนาด 2.5 มม^2 กับโลหะประสาน ที่อุณหภูมิ 350°

ฟลักซ์ที่ผสม (คิดเป็น %)	ค่าความเค้นสูงสุด (N/ mm^2)			ค่าเฉลี่ยความเค้นสูงสุด (N/ mm^2)
	ชิ้นที่ 1 (x1)	ชิ้นที่ 2 (x2)	ชิ้นที่ 3 (x3)	
1.	-	-	-	-
2.	-	-	-	-
3.	-	-	-	-
4.	-	-	-	-
5.	-	-	-	-
6.	-	-	-	-
7.	319.4	324.6	317.3	320.4
8.	315.7	321.3	319.7	318.9
9.	325.8	311.2	317.5	318.1
10.	323.6	312.2	316.6	317.4
11.	314.5	322.8	318.6	318.6
12.	313.4	315.3	320.1	316.2
13.	337.6	313.4	314.4	321.8
14.	339.7	326.5	321.9	329.3
15.	318.2	321.5	313.4	317.7

ตารางที่ 3.5 ตารางแสดงค่าความเค้นดึงสูงสุดของการประสานลวดทองแดงขนาด 2.5 มม^2 กับโลหะประสาน ที่อุณหภูมิ 400°

ฟลักซ์ที่ผสม	ค่าความเค้นสูงสุด (N/ mm^2)			ค่าเฉลี่ยความเค้นสูงสุด
(คิดเป็น %)	ชิ้นที่ 1 (x1)	ชิ้นที่ 2 (x2)	ชิ้นที่ 3 (x3)	(N/ mm^2)
1.	319.8	311.4	327.6	319.6
2.	325.8	319.4	311.9	319.0
3.	325.2	338.8	327.3	330.4
4.	316.7	329.4	311.6	319.2
5.	325.6	324.8	319.5	324.3
6.	329.3	313.7	331.5	324.3
7.	332.1	322.7	322.5	325.7
8.	315.8	320.2	335.3	323.8
9.	331.8	329.5	324.9	328.7
10.	315.8	337.2	329.5	327.5
11.	329.4	322.7	332.6	328.2
12.	312.7	337.9	315.4	322.0
13.	323.6	324.5	333.7	327.2
14.	328.4	329.6	319.2	325.7
15.	329.3	338.5	321.1	329.6



รูปที่ 3.26 กราฟเปรียบเทียบค่าความเค้นของลวดทองแดงขนาด 2.5 มม^2 ที่อุณหภูมิ 350°C และ 400°C

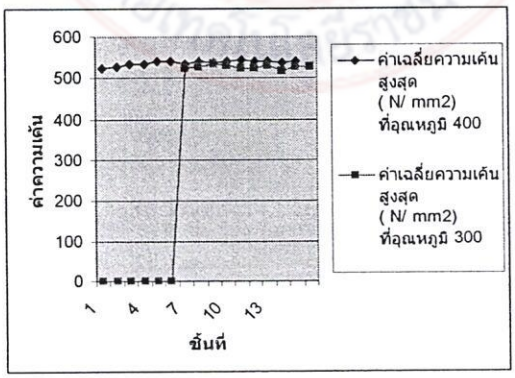
ผลการทดสอบการหลอมละลายของผงโลหะดีบุก-ตะกั่ว ภายใน Mold ด้วยเตาไฟฟ้าของลวดทองแดงขนาด 4 มม^2

ตารางที่ 3.6 ตารางแสดงค่าความเค้นดึงสูงสุดของการประสานลวดทองแดงขนาด 4 มม^2 กับโลหะประสาน ที่อุณหภูมิ 350°

ฟลักซ์ที่ผสม (คิดเป็น %)	ค่าความเค้นสูงสุด (N/ mm^2)			ค่าเฉลี่ยความเค้นสูงสุด (N/ mm^2)
	ชิ้นที่ 1 (x1)	ชิ้นที่ 2 (x2)	ชิ้นที่ 3 (x3)	
1.	-	-	-	-
2.	-	-	-	-
3.	-	-	-	-
4.	-	-	-	-
5.	-	-	-	-
6.	-	-	-	-
7.	521.4	522.3	529.8	524.5
8.	532.9	525.7	523.8	527.4
9.	547.9	531.3	521.7	533.6
10.	525.7	523.2	547.9	532.2
11.	535.1	523.4	512.5	523.6
12.	524.3	511.8	532.9	523.0
13.	521.7	533.2	539.4	531.4
14.	523.5	510.7	516.2	516.8
15.	539.7	512.4	529.4	527.1
				526.6

ตารางที่ 3.7 ตารางแสดงค่าความเค้นดึงสูงสุดของการประสานลวดทองแดงขนาด 4 มม^2 กับโลหะประสาน ที่อุณหภูมิ 400°

ฟลักซ์ที่ผสม	ค่าความเค้นสูงสุด (N/ mm^2)			ค่าเฉลี่ยความเค้นสูงสุด
(คิดเป็น %)	ชิ้นที่ 1 (x1)	ชิ้นที่ 2 (x2)	ชิ้นที่ 3 (x3)	(N/ mm^2)
1.	521.3	524.8	522.9	523.0
2.	524.5	532.6	529.5	528.8
3.	528.3	539.5	534.7	534.1
4.	532.5	531.7	535.5	533.2
5.	527.3	546.8	545.7	539.9
6.	541.1	536.7	543.2	540.3
7.	536.7	527.1	542.7	535.5
8.	545.8	536.3	541.9	541.3
9.	532.3	541.9	531.2	536.2
10.	535.7	546.4	539.7	540.6
11.	548.7	539.3	541.6	543.2
12.	537.1	549.8	539.1	542.0
13.	531.2	539.3	547.6	539.3
14.	528.6	548.5	539.1	536.0
15.	533.6	537.8	549.7	540.3



รูปที่ 3.27 กราฟเปรียบเทียบค่าความเค้นของลวดทองแดงขนาด 4 มม^2 ที่อุณหภูมิ 350°C และ 400°C

ความสามารถในการนำไฟฟ้า (Electrical conductivity)

ในทฤษฎีอิเลคตรอนได้กล่าวไว้ว่า อะตอมประกอบด้วยแกนกลาง ซึ่งมีประจุบวกเรียกกว่า นิวเครียส และมีวงโคจรเป็นขั้น ๆ ของอิเลคตรอนวิ่งอยู่โดยรอบนิวเครียส วัสดุที่ยอมให้อิเลคตรอนที่อยู่ในวงโคจรนอกสุดเคลื่อนที่ไปยังวงโคจรของอีกอะตอมหนึ่งได้เราเรียกวัสดุนั้นว่า " ตัวนำไฟฟ้า " (Conducter) วัสดุที่ให้อิเลคตรอนวงโคจรนอกสุดจากอะตอมหนึ่งไปยังอีกอะตอมหนึ่งได้ง่ายได้ง่าย เรียกวัสดุนั้นว่า มีความนำไฟฟ้า (Condutance) มาก ซึ่งในทางตรงกันข้าม วัสดุนั้นจะมีความต้านทานไฟฟ้า (Resistance) น้อย เราสามารถเขียนความสัมพันธ์ระหว่างความนำไฟฟ้าซึ่งมีหน่วยเป็น โมส (mhos) และความต้านทานไฟฟ้าซึ่งมีหน่วยเป็น โอมห์ (ohms) เขียนได้ดังนี้คือ

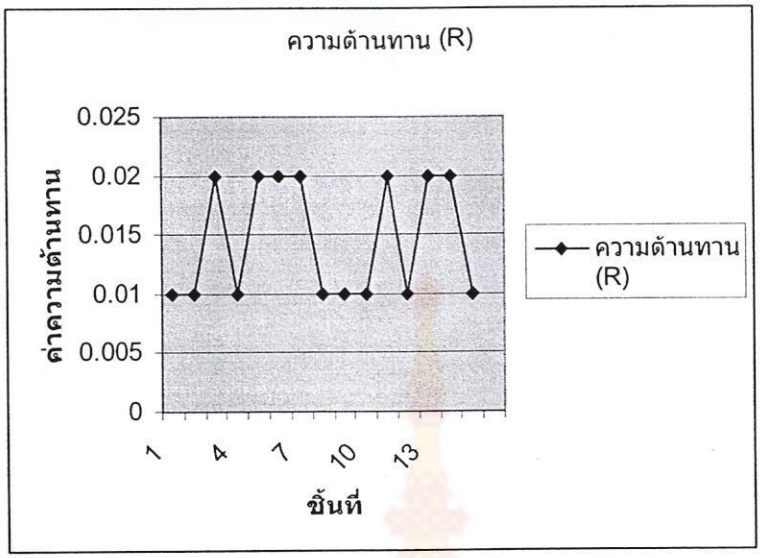
$$G = 1/R$$

โดยที่ G = ความนำไฟฟ้า

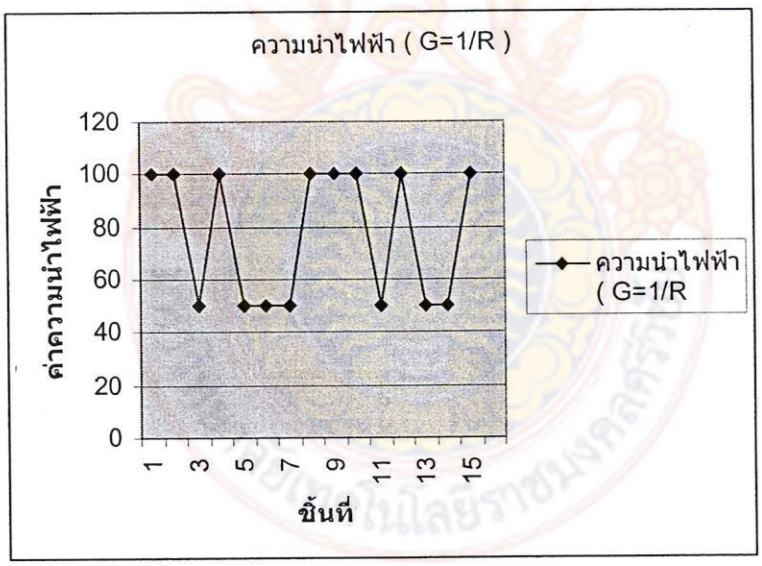
R = ความต้านทานไฟฟ้า

ตาราง 3.8 แสดงความนำไฟฟ้า

ชิ้นที่	ความต้านทาน (R)	ความนำไฟฟ้า (G=1/R)
1.	0.01	100
2.	0.01	100
3.	0.02	50
4.	0.01	100
5.	0.02	50
6.	0.02	50
7.	0.02	50
8.	0.01	100
9.	0.01	100
10.	0.01	100
11.	0.02	50
12.	0.01	100
13.	0.02	50
14.	0.02	50
15.	0.01	100



รูปที่ 3.28 กราฟแสดงค่าความต้านทาน



รูปที่ 3.29 กราฟแสดงค่าความนำไฟฟ้า

บทที่ 4

ผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

4.1 ผลการวิจัย

จากการวิจัยที่นำผงดีบุก – ตะกั่วชนิด 60 : 40 ที่มีความละเอียดช่วง 590 – 53 ไมครอน ผสมกับฟลักซ์ชนิดครีม ตั้งแต่ 0.1% จนถึง 15 % จำนวน 15 ส่วนผสม ทำการประสานลวดทองแดงขนาด 2.5 mm^2 และขนาด 4 mm^2 ด้วยวิธีการต่อชน (But joint) ภายในโมล ปรากฏผลดังนี้

กรณีใช้อุณหภูมิต่ำกว่า 350 องศาเซลเซียส พบว่า สัดส่วนผสมของฟลักซ์ต่อปริมาณผงโลหะ ประสานไม่ควรน้อยกว่า 7 % จะทำให้เกิดการยึดเกาะประสานที่ดี

กรณีที่ใช้อุณหภูมิสูงกว่า 350 องศาเซลเซียส สัดส่วนผสมของฟลักซ์ต่อปริมาณผงโลหะ มีผลต่อประสิทธิภาพการยึดเกาะน้อยมาก กล่าวคือ สัดส่วนของฟลักซ์ที่ปริมาณช่วง 2 – 7 % ต่อปริมาณผงโลหะ ต่างให้ผลต่อการยึดเกาะประสานได้เป็นอย่างดี

ในส่วนของการนำไฟฟ้าปรากฏผล คือ ค่าการนำไฟฟ้าของขดลวดทองแดงกับค่าการนำไฟฟ้าของโลหะประสาน สามารถวัด ค่าการนำไฟฟ้าที่ไม่แตกต่างกัน

4.2 ข้อเสนอแนะ

ในการนำผงโลหะจุดหลอมเหลวต่ำไปใช้งาน เพื่อให้เกิดผลควรใช้กับงานที่เป็นลักษณะต่อชนของลวดทองแดงโดยการใช้โมลอลูมิเนียมที่ให้อุณหภูมิไม่น้อยกว่า 300°C จะให้ประสิทธิภาพในการบัดกรีอ่อนที่ดี

เอกสารอ้างอิง

เรืองเดช ธงศรี. 2544. Power Metallugy ตอนที่ 2, เอกสาร Particulate Materials Technology, ตุลาคม – ธันวาคม 2544, ฉบับที่ 1 หน้า 2 – 4.

German, R.M. 1994 Powder Metallurgy Seicnce, 2 nd ed., Metal Powder Industries Federation, Princeton,NJ

Metal Handbook. 1984, Powder Metallurgy,Metal Park, OHIO,vol.7

(Ninth Edition).

Suchart Yenweset, " Desing and Construction of Gas AtomiZer for Making Meatl Powder " The Third Thailand Materials Science and Technology, Conference, 2004 : pp.328-331

Gower A. Knnedy, " Welding Technology ", 1976 : pp.17-28