



รายงานการวิจัย

การเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ OTOP ด้วยวิศวกรรมเคลือบผิว : กรณีศึกษา
สินค้ากลุ่มตีมีดบ้านใหม่และสินค้ากลุ่มสตรีกำหน้ำ อำเภอหล่มสัก
จังหวัดเพชรบูรณ์

**Value Creation of the OTOP Products by Engineering Coating Process:
A Case Study of Ban Mai Knife Forging Community Products and
SatriKawna Community Products, Lomsak District, Phetchabun
Province.**

สุวิมล เทียกทุมและคณะ

สาขาวิศวกรรมการผลิต คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์
ประจำปีงบประมาณ 2559

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

การเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ OTOP ด้วยวิศวกรรมเคลือบผิว : กรณีศึกษา
สินค้ากลุ่มตีมีดบ้านใหม่และสินค้ากลุ่มสตรีกำหน้ำ อำเภอหล่มสัก
จังหวัดเพชรบูรณ์

**Value Creation of the OTOP Products by Engineering Coating Process:
A Case Study of Ban Mai Knife Forging Community Products and
SatriKawna Community Products, Lomsak District, Phetchabun
Province.**

สุวิมล เทียกทุมและคณะ
สาขาวิศวกรรมการผลิต คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

ทุนอุดหนุนโดย งบประมาณแผ่นดินที่พิจารณาจากโดยผ่านความเห็นชอบจากสำนักงาน
คณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ประจำปีงบประมาณ 2559

ชื่องานวิจัย	การเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ OTOP ด้วยวิศวกรรมการเคลือบผิว : กรณีศึกษาสินค้ากลุ่มตีมีดบ้านใหม่และสินค้ากลุ่มสตรีกำวหน้า อำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์
ผู้วิจัย	สุวิมล เทียกทุม
ผู้ร่วมวิจัย/ที่ปรึกษา	ธรรม์ณชาติ วันแต่ง
สาขาวิชา	วิศวกรรมการผลิต มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ 2559

บทคัดย่อ

การศึกษาวิจัยครั้งนี้เพื่อหาปัจจัยที่เหมาะสมในกระบวนการชุบทอง 24k สำหรับผลิตภัณฑ์ OTOP กลุ่มตีมีดบ้านใหม่ ตำบลตาลเดี่ยว อำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์ และหาปัจจัยที่เหมาะสมในการชุบเคลือบผิวอลูมิเนียมพวงกุญแจรูปฝักมะขามด้วยการทำไอไนไดซ์ กับผลิตภัณฑ์สินค้า OTOP ของกลุ่มสตรีกำวหน้าสักหลง ตำบลสักหลง อำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์ เพื่อเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์และสร้างรายได้ให้กับชุมชน ปัจจัยที่ศึกษา ได้แก่ ความต่างศักย์ไฟฟ้าและระยะเวลา ที่ส่งผลต่อความหนาผิวเคลือบและความสวยงาม โดยตัวแปรควบคุมคือ อุณหภูมิ สารเคมี และเหล็กวัตถุดิบ จากการทดลองพบว่าปัจจัยที่เหมาะสมในกระบวนการชุบทอง 24k สำหรับผลิตภัณฑ์ OTOP กลุ่มตีมีดบ้านใหม่ คือ เวลา 12 โวลต์ 2 นาที และประเมินประสิทธิภาพโดยการประเมินความพึงพอใจด้วยแบบสอบถามแบบเฉพาะเจาะจงกับกลุ่มตีมีดบ้านใหม่ ตำบลตาลเดี่ยว อำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์ จำนวน 50 คน ได้ผลประเมินเฉลี่ยเท่ากับ 4.46 ซึ่งอยู่ในระดับดี และจากผลการทดลองการชุบเคลือบผิวอลูมิเนียมพวงกุญแจรูปฝักมะขามด้วยการทำไอไนไดซ์ กับผลิตภัณฑ์สินค้า OTOP ของกลุ่มสตรีกำวหน้าสักหลง พบว่าการใช้ความต่างศักย์ไฟฟ้า 12 โวลต์และเวลาในการชุบ 20 นาที เป็นปัจจัยที่เหมาะสมซึ่งงานจะมีลักษณะทางกายภาพที่ความสมบูรณ์และมีความสวยงามมากที่สุด และจากแบบสอบถามเพื่อประเมินในด้านความพึงพอใจของผลิตภัณฑ์กับสมาชิกในกลุ่มสตรีกำวหน้าสักหลง จำนวน 50 คน พบว่ามีค่าความคิดเห็นเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.61 ซึ่งอยู่ในระดับความคิดเห็นมากที่สุด จากข้อมูลดังกล่าวสามารถเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์ได้จริง และได้นำไปจัดอบรมเชิงปฏิบัติการเพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยีกับชุมชนเป้าหมายต่อไป

คำสำคัญ : การชุบโลหะด้วยไฟฟ้า กระบวนการชุบทอง การชุบไอไนไดซ์

Title	Value Creation of the OTOP Products by Engineering Coating Process : A Case Study of Ban Mai Knife Forging Community Products and Satri Kawna Community Products, Lomsak District, Phetchabun Province
Author	Suwimon Theakthum
Co-Researcher	Tannachart Wantang
Branch	Production Engineering Phetchabun Rajabhat University 2017

Abstract

This research study to find the optimal factors for gold plating process 24k for Ban Mai Knife Forging Community Products Tambon Tandiao Lomsak District Phetchabun Province and to find the optimal factor in anodizing of OTOP products tamarind metal souvenir keychains of Satri Kawnasakhleng group, Tombon Sakhlong, Lomsak district, Phetchabun province to add value to our products and generate revenue for the community. The factors studied include electrical potential difference and time period which affect the coating thickness and beauty. By the control variable is the temperature chemicals and raw material iron for collected the best suitable factor data of plating gold process 24k found that the appropriate factors for gold plating process 24k for Ban Mai Knife Forging Community Products is 12 volt 2 minutes and performance evaluation by the evaluation of satisfaction with specific queries to the group of Ban Mai Knife Forging Community Products 50 person were 4.46 average assessments, which are in class and from the results of the experimental coated aluminum tamarind souvenir keychains products of Satri Kawnasakhleng group. The result indicates the factors used of 12 volt and 20 minutes it will be to optimal factor in anodize of tamarind metal souvenir keychains. This factors it can perfect and bright. The satisfaction survey of coated products by Satri Kawnasakhleng group (50 person). The evaluation of overall satisfaction at level 4.61, which was very good. From such information can add value to products and leading workshops for transfer of technology to the next target communities.

Keywords : Electroplate Gold plating process Anodizing

กิตติกรรมประกาศ

รายงานการวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยคำแนะนำต่าง ๆ จากคณาจารย์ในมหาวิทยาลัย ราชภัฏเพชรบูรณ์ และความร่วมมือช่วยเหลืออย่างดียิ่งจากบุคคลหลายฝ่าย ที่เสียสละเวลาให้คำแนะนำ คำปรึกษา รวมถึงข้อเสนอแนะต่าง ๆ อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการดำเนินการวิจัยในครั้งนี้ขอขอบพระคุณนางสมสวย วงษา หัวหน้ากลุ่มผลิตภัณฑ์สินค้า OTOP กลุ่มสตรีก้าวหน้าสักหลง ตำบลสักหลง และนายสุบิน บุญจันทร์ หัวหน้ากลุ่มติมัด OTOP กลุ่มติมัดบ้านใหม่ ตำบลตาลเดี่ยว อำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์ และ ขอขอบพระคุณสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ที่ได้ให้ทุนอุดหนุนการวิจัยครั้งนี้มา ณ ที่นี้ด้วย

สุวิมล เทียกทุมและคณะ

24 กุมภาพันธ์ 2560

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญตาราง	ง
สารบัญรูป	จ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	3
1.3 วิธีการดำเนินการวิจัย	3
1.4 ขอบเขตของ โครงการวิจัย.....	4
1.5 ทฤษฎี สมมุติฐาน และกรอบแนวความคิดของ โครงการ	5
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	6
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	7
2.1 ทฤษฎีเบื้องต้นของกระบวนการชุบโลหะด้วยไฟฟ้า	7
2.2 ทฤษฎีเบื้องต้นของกระบวนการอโนไดซ์.....	9
2.3 ความรู้เกี่ยวกับขั้นตอนการทำอโนไดซ์	11
2.4 ความรู้เกี่ยวกับการชุบทอง.....	14
2.5 สูตรน้ำยาชุบและขั้นตอนการเตรียมน้ำยาชุบชนิดต่างๆ	18
2.6 ขั้นตอนการชุบทอง.....	22
2.7 การตีมีดบ้านใหม่	23
2.8 กระบวนการผลิตมีดของกลุ่มตีมีดบ้านใหม่	24
2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	26
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย	33
3.1 การออกแบบและสร้างอุปกรณ์ชุบอโนไดซ์	33
3.2 ขั้นตอนการทำอโนไดซ์	34
3.3 การทดลองเพื่อหาปัจจัยที่เหมาะสมในการชุบอโนไดซ์	37
3.4 การออกแบบและสร้างอุปกรณ์ชุบทอง24k.....	42

สารบัญ (ต่อ)

3.5	การหาประสิทธิภาพของชิ้นงานที่ผ่านการชุบทอง 24 k.....	44
บทที่ 4	ผลการวิจัย.....	49
4.1	ผลการทดลองเพื่อหาปัจจัยที่เหมาะสมในการชุบเคลือบผิวอลูมิเนียม พวงกุญแจรูปฝักมะขาม.....	49
4.2	ผลการประเมินความพึงพอใจของผลิตภัณฑ์ที่ชุบเคลือบผิวด้วยวิธีอโนไดซ์.....	51
4.3	ผลการทดลองด้านกายภาพและความหนาของการชุบทอง 24k.....	56
4.4	ผลการประเมินความพึงพอใจในผลิตภัณฑ์การชุบทอง 24k.....	60
บทที่ 5	สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.....	62
5.1	สรุปผลการทดลองการหาปัจจัยที่เหมาะสมในการชุบเคลือบผิวด้วย วิธีอโนไดซ์.....	
5.2	สรุปผลการทดลองการหาปัจจัยที่เหมาะสมในการชุบเคลือบผิวด้วยวิธีชุบทอง 24k.....	62
5.3	การอภิปรายผล.....	63
5.4	ข้อเสนอแนะ.....	63
	บรรณานุกรม.....	64
	ภาคผนวก.....	66
	ภาคผนวก ก (ภาพกิจกรรมการถ่ายทอดเทคโนโลยี).....	67
	ประวัติคณะผู้วิจัย.....	70

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2-1 สูตรน้ำยาชุบทองแดงค้างสูตร ก	19
2-2 สูตรน้ำยาชุบทองแดงค้างสูตร ข	19
2-3 สูตรน้ำยาชุบทองแดงกรด	20
2-4 สูตรน้ำยาชุบนิกเกิลเงา	20
2-5 สูตรน้ำยาชุบทองสูตร ก	21
2-6 สูตรน้ำยาชุบทองสูตร ข	21
3-1 ตารางบันทึกภาพที่ได้จากการทดลอง	38
3-2 ตารางประเมินความพึงพอใจของผลิตภัณฑ์ทั้งหมด 2 ด้าน คือ ด้านลักษณะทาง กายภาพและด้านความพึงพอใจของผลิตภัณฑ์	39
3-3 ตารางบันทึกการทดลองด้านกายภาพและความหนาของชั้นผิวทองด้วยกล้อง จุลทรรศน์และวิเคราะห์ผลด้วยโปรแกรม Material Plus Ver. 4.2	45
3-4 ตัวอย่างแบบสอบถาม	48
4-1 ตารางบันทึกภาพที่ได้จากการทดลอง	49
4-2 ตารางบันทึกผลแบบสอบถามเพื่อประเมินความพึงพอใจของผลิตภัณฑ์ที่มีการชุบ เคลือบผิวด้วยวิธีการไอไดซ์	51
4-3 ตารางบันทึกการทดลองด้านกายภาพและความหนาผิวของชิ้นงานทดสอบด้วย กล้อง จุลทรรศน์และวิเคราะห์ผลด้วยโปรแกรม Material Plus Ver. 4.2	60
4-4 ผลการทดลองเพื่อประเมินความพึงพอใจในผลิตภัณฑ์	51

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1-1	มีดของทีระลีกกลุ่มตีมีดบ้านใหม่และมะขามโหละกลุ่มสตรีกำวหน้า.....	2
1-2	ทฤษฎีสมมุติฐานและกรอบแนวความคิดของโครงการ	5
2-1	แบบจำลองการชุบโลหะด้วยไฟฟ้า.....	8
2-2	แบบจำลองการทำอนไดซ์.....	10
2-3	ลักษณะโครงสร้างของฟิล์มออกไซด์.....	11
2-4	ผลิตภัณฑ์ที่ชุบทอง	15
2-5	ภาชนะบรรจุ	17
2-6	ขั้นตอนการชุบทอง	22
2-7	การตีมีดของบ้านใหม่	25
2-8	ผลิตภัณฑ์มีดบ้านใหม่.....	25
3-1	วัสดุพวงกุญแจอะลูมิเนียมสีมะขาม เกรด 1100	33
3-2	การต่อวงจร.....	35
3-3	การชุบอโนไดซ์	36
3-4	การจุ่มแช่สี.....	36
3-5	ชิ้นงานที่ได้จากการชุบสีเสร็จแล้ว	37
3-6	นำชิ้นงานมาต้ม.....	37
3-7	วัสดุมีด	43
3-8	ขั้นตอนการชุบทอง	44
3-9	ขั้นตอนการส่องความหนาด้วยกล้องจุลทรรศน์	46
3-10	ขั้นตอนการวิเคราะห์ผลด้วยโปรแกรม Material Plus Ver.4.2.....	47
4-1	กราฟค่าความหนาทองของผิวในการชุบทองบนวัสดุมีดของทีระลีก	58

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

จากยุทธศาสตร์การพัฒนาจังหวัดเพชรบูรณ์ (พ.ศ.2558-2561) ได้มุ่งเน้นส่งเสริมและยกระดับผลิตภัณฑ์สินค้าหนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์ (OTOP) ให้มีมูลค่าเพิ่ม ด้วยการเร่งให้ความรู้และสนับสนุนการผลิต ปรับปรุงรูปแบบผลิตภัณฑ์ สร้างตราสินค้าและบรรจุภัณฑ์ ตลอดจนประชาสัมพันธ์และเพิ่มช่องทางการตลาด ให้ความสำคัญในด้านการท่องเที่ยวเพื่อเพิ่มช่องทางการจำหน่ายสินค้า ให้ความสำคัญด้านเอกลักษณ์ของท้องถิ่นและสถานที่ท่องเที่ยวต่างๆเป็นจุดขาย (กลุ่มงานยุทธศาสตร์การพัฒนาจังหวัด, 2557) กลุ่มตีมิดบ้านใหม่ ตำบลตาลเดี่ยว อำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์มีประวัติการตีมิด โดยเริ่มจากบรรพบุรุษที่อพยพมาจากประเทศลาวเมื่อประมาณ 200 ปีมาแล้ว ในปัจจุบันการตีมิดเป็นการทำเพื่อการค้า และใช้วัตถุดิบเหล็กจากแหวนรถยนต์ และหมอนรางรถไฟ หรือเหล็กแท่ง ช่างตีมิดบ้านใหม่มีการสืบทอดมาถึงปัจจุบันเป็นรุ่นที่ 4 แล้ว โดยช่างรุ่นแรกอายุ 80 ปีขึ้นไปแล้ว แต่ก็ยังมีการถ่ายทอดแก่ลูกหลานและคนรุ่นใหม่ ทำให้เกิดเป็นอาชีพหลักของหมู่บ้านไม่ต้องอพยพไปทำงานที่อื่น และไม่ลืมที่จะสืบทอดภูมิปัญญาท้องถิ่นของหมู่บ้านที่สั่งสมกันมาเป็นเวลาช้านานมิให้สูญหายไปกับความเจริญทางเทคโนโลยี กลุ่มตีมิดบ้านใหม่ยังได้รับการสนับสนุนโดยกรมการพัฒนาชุมชน กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม ในการจัดหาเครื่องมือและพัฒนารูปแบบผลิตภัณฑ์ที่ทันสมัยเพื่อเพิ่มความสะดวกในการตีมิดมากขึ้น แต่ปัจจุบันสินค้าสินค้าจำพวกมิดต่างๆมียอดขายที่น้อยลง อาจเนื่องมาจากมีการผลิตมิดที่ต้นทุนต่ำออกมาจำหน่ายในราคาถูกเป็นจำนวนมาก หรือในด้านการเกษตรก็มีเครื่องมือและเครื่องจักรเข้ามาแทนที่ ดังนั้นการสร้างผลิตภัณฑ์ใหม่เพื่อการแข่งขันได้ในตลาดจึงเป็นความจำเป็นอย่างเร่งด่วนกับกลุ่มตีมิดบ้านใหม่เป็นอย่างยิ่ง ด้านกลุ่มสตรีก้าวหน้าจัดตั้งกลุ่มขึ้นมาเพื่อจัดทำผลิตภัณฑ์ของที่ระลึกเพื่อจำหน่ายหลายอย่าง เช่น เครื่องนอน พวงกุญแจฝักมะขาม และผลิตภัณฑ์ของที่ระลึกต่างๆ จนได้รับการรับรองคุณภาพผลิตภัณฑ์ชุมชน จังหวัดเพชรบูรณ์ ในชื่อ กลุ่มสตรีก้าวหน้า ตั้งอยู่ที่ 165 ม. 2 ต.สักหลง อ.หล่มสัก จ.เพชรบูรณ์ สินค้าในปัจจุบันเป็นพวงกุญแจของที่ระลึกจากผ้า ไม้ และโลหะ และจากการสอบถามนางสมสวย วงษา ประธานกลุ่มสตรีก้าวหน้า ตำบลสักหลง ได้ชี้ถึงปัญหาและอุปสรรคที่เกิดขึ้น คือ ผลิตภัณฑ์พวงกุญแจโลหะรูปฝักมะขามที่ได้ยังไม่เป็นที่ยอมรับของตลาดและผลิตภัณฑ์ยังขาดจุดเด่นไม่เป็นที่พึงพอใจของผู้ซื้อ อีกทั้งยังขาดความรู้ในด้านการเพิ่มมูลค่าและขาด

ความรู้ทางด้านวิชาการ จึงส่งผลให้การแข่งขันในตลาดทำได้ยากขึ้น ทางกลุ่มต้องการเทคโนโลยีเข้าไปสนับสนุนผลิตภัณฑ์ ต้องการสร้างผลิตภัณฑ์ใหม่เพื่อการแข่งขัน จะเห็นได้ว่าทั้งสองกลุ่มมีความสอดคล้องไปในทิศทางเดียวกันกัน ต้องมีการปรับตัวเพื่อการแข่งขัน การเพิ่มมูลค่าให้กับสินค้าวิธีหนึ่งคือมุ่งทำการตลาดในด้านของที่ระลึก ของชำร่วย และของพรีเมียม เพราะในปัจจุบันนี้เป็นตลาดที่มีขนาดใหญ่และมีการขยายตัวที่สูงมาก โดยมีมูลค่าการตลาดประมาณ 10,000 ล้านบาทต่อปี หรืออัตราการขยายตัวร้อยละ 10-15 ซึ่งเป็นผลจากความต้องการของกลุ่มลูกค้าที่เพิ่มขึ้นตามความต้องการที่หลากหลาย เช่น การมอบให้เพื่อเป็นของที่ระลึกในช่วงโอกาสต่างๆ หรืองานมงคลต่างๆ และการใช้เป็นเครื่องมือทางการตลาด เป็นต้น ซึ่งตรงกับข้อเสนอแนะของรองประธานคณะกรรมการพัฒนาเศรษฐกิจพื้นที่ภาคเหนือ หอการค้าไทย ว่าควรใช้การวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยี นวัตกรรมสินค้าและบริการ การวิจัยและพัฒนาขยายฐานสาขาเศรษฐกิจใหม่และตัวสินค้าใหม่ เพื่อสนับสนุนการพัฒนาเศรษฐกิจในกลุ่มภาคเหนือ (ณรงค์ ดนานาวัฒน์, 2554)



ภาพที่ 1-1 (ก) มีดของที่ระลึกกลุ่มตีมีดบ้านใหม่ (ข) มะขามโลหะกลุ่มสตรีแก้วหน้า
ที่มา(ธรรม์ณชาติ วันแต่ง, 2559 ,20 มิถุนายน)

ดังนั้นทางกลุ่มผู้วิจัยจึงมีแนวทางการเพิ่มมูลค่าให้กับสินค้า วิธีหนึ่งคือ การนำมีดของกลุ่มตีมีดของบ้านใหม่ ตำบลตาลเดี่ยว อำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์ มาชุบกับทอง 24k และนำกระบวนการชุบทองคำ สำหรับมะขามโลหะ กลุ่มสตรีแก้วหน้า ต.สักหลง อ.หล่มสัก จ.เพชรบูรณ์ เพื่อเพิ่มมูลค่าให้กับสินค้า สามารถใช้เป็นของที่ระลึก ของฝากและใช้งานได้ แต่ในปัจจุบันพบว่าความรู้ด้านการชุบทอง ชุบทองคำ เป็นความรู้เฉพาะส่วนบุคคล (Know how) ที่ไม่ได้รับการถ่ายทอดอย่างเป็นทางการมีเพียงแต่การสืบทอด ซึ่งในแต่ละท้องถิ่นก็จะมีรายละเอียดวิธีการแตกต่างกัน ดังนั้นจึงทำการศึกษาวิธีการชุบทอง24Kอย่างถูกต้องและให้ได้ชิ้นงานที่สวยงามที่สุดเพื่อใช้กับ

ผลิตภัณฑ์ OTOP ในจังหวัดเพชรบูรณ์ โดยจะทำการศึกษาปัจจัยที่เหมาะสมในการชูปทอง 24K กับผลิตภัณฑ์กลุ่มดีมีคของบ้านใหม่ และทำการศึกษาปัจจัยที่เหมาะสมในกระบวนการชูปทอง โนโคซ์ สำหรับมะขามโลหะ กลุ่มสตรีก้าวหน้า โดยออกแบบการทดลองแบบ (factorial) 2^2 และวิเคราะห์ความแปรปรวนของปัจจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อรวบรวมข้อมูลปัจจัยที่เหมาะสมที่สุดในการชูปทอง 24k กับผลิตภัณฑ์กลุ่มดีมีคบ้านใหม่และถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชนต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาปัจจัยที่เหมาะสมในกระบวนการชูปทอง 24k สำหรับมีคของที่ระลึก ผลิตภัณฑ์ OTOP กลุ่มดีมีคบ้านใหม่ ต.ตาลเดี่ยว อ.หล่มสัก จ.เพชรบูรณ์

1.2.2 เพื่อศึกษาปัจจัยที่เหมาะสมในกระบวนการชูปทอง โนโคซ์ สำหรับมะขามโลหะ ผลิตภัณฑ์ OTOP กลุ่มสตรีก้าวหน้า ต.สักหลง อ.หล่มสัก จ.เพชรบูรณ์

1.2.3 ถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชนกับกลุ่มดีมีคบ้านใหม่ ต.ตาลเดี่ยว อ.หล่มสัก จ.เพชรบูรณ์ และกลุ่มสตรีก้าวหน้า ต.สักหลง อ.หล่มสัก จ.เพชรบูรณ์

1.2.4 วิเคราะห์การลงทุน ด้านการหาจุดคุ้มทุนและระยะเวลาคืนทุน

1.3 วิธีการดำเนินการวิจัย

1.3.1 ศึกษาปัญหา แนวทางการดำเนินงาน งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และวิเคราะห์ปัญหาที่ได้และกำหนดแนวทางแก้ไข

1.3.2 ออกแบบและสร้างชุดทดสอบการชูปทอง 24k เพื่อใช้ในการกระบวนการชูปทอง 24k กับโลหะมีคของที่ระลึก ผลิตภัณฑ์ OTOP หมู่บ้านใหม่ ตำบลตาลเดี่ยว และสร้างชุดชูปทอง โนโคซ์เพื่อใช้ในการกระบวนการชูปทอง โนโคซ์ สำหรับมะขามโลหะ ผลิตภัณฑ์ OTOP กลุ่มสตรีก้าวหน้า ต.สักหลง อ.หล่มสัก จ.เพชรบูรณ์

1.3.3 ปรับปรุงชุดทดสอบและดำเนินการทดสอบ ใช้การทดสอบแบบ (factorial) 2^3 และวิเคราะห์ความแปรปรวนของปัจจัยที่เกี่ยวข้อง ทดสอบ ณ คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม สาขาวิชาวิศวกรรมการผลิต มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

1.3.4 รวบรวมข้อมูลปัจจัยที่เหมาะสมที่สุดในการชูปทอง 24k กับผลิตภัณฑ์กลุ่มดีมีคบ้านใหม่ และปัจจัยที่เหมาะสมในกระบวนการชูปทอง โนโคซ์ สำหรับมะขามโลหะ ผลิตภัณฑ์ OTOP กลุ่มสตรีก้าวหน้า พร้อมจัดทำคู่มือการถ่ายทอดเทคโนโลยีการชูปทองให้กับชุมชน

1.3.5 อบรมเชิงปฏิบัติการถ่ายทอดเทคโนโลยีที่เหมาะสมสู่ชุมชน กลุ่มตึ่มิดบ้านใหม่ และกลุ่มสตรีก้าวหน้า

1.3.6 ทดสอบประสิทธิภาพโดยใช้การประเมินความพึงพอใจด้วยแบบสอบถาม กลุ่มที่ 1 ใช้การสุ่มตัวอย่างแบบเฉพาะเจาะจงกับกลุ่มตึ่มิดบ้านใหม่ ตำบลตาลเดี่ยว และกลุ่มผู้ซื้อผลิตภัณฑ์ จำนวน 50 ราย กลุ่มที่ 2 ใช้การสุ่มตัวอย่างแบบเฉพาะเจาะจงกับกลุ่มสตรีก้าวหน้า และกลุ่มผู้ซื้อผลิตภัณฑ์ จำนวน 50 ราย โดยใช้แบบประเมินความพึงพอใจ ซึ่งเป็นคำถามแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ ตามแบบของลิเคิร์ต (Likert Scale) ในช่วงปี พ.ศ. 2559

1.3.7 วิเคราะห์การลงทุน ประกอบด้วยการหาจุดคุ้มทุน (Break Even Point) และระยะเวลาคืนทุน (Pay Back Period)

1.3.8 สรุป วิเคราะห์ผล และจัดทำเอกสารรายงานการวิจัย

1.4 ขอบเขตของโครงการวิจัย

1.4.1 ขอบเขตด้านประชากร

1.4.1.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ กลุ่มที่ 1 ใช้การสุ่มตัวอย่างแบบเฉพาะเจาะจงกับกลุ่มตึ่มิดบ้านใหม่ ตำบลตาลเดี่ยว และกลุ่มผู้ซื้อผลิตภัณฑ์ จำนวน 50 ราย กลุ่มที่ 2 ใช้การสุ่มตัวอย่างแบบเฉพาะเจาะจงกับกลุ่มกลุ่มสตรีก้าวหน้า และกลุ่มผู้ซื้อผลิตภัณฑ์ จำนวน 50 ราย

1.4.1.2 กิจกรรมการถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชน อบรมเชิงปฏิบัติการถ่ายทอดเทคโนโลยีที่เหมาะสมกระบวนการชุปทอง 24k สำหรับผลิตภัณฑ์ OTOP กลุ่มตึ่มิดบ้านใหม่

1.4.1.3 กิจกรรมการถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชน อบรมเชิงปฏิบัติการถ่ายทอดเทคโนโลยีที่เหมาะสมกระบวนการชุปทองคำ สำหรับมะขามโลหะ สำหรับผลิตภัณฑ์ OTOP กลุ่มสตรีก้าวหน้า

1.4.2 ขอบเขตด้านเนื้อหา

1.4.2.1 สร้างชุดชุปทอง 24k จำนวน 1 ชุด

1.4.2.2 สูตรปัจจัยที่เหมาะสมในกระบวนการชุปทอง 24k สำหรับผลิตภัณฑ์ OTOP กลุ่มตึ่มิดบ้านใหม่ ตำบลตาลเดี่ยว อำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์ พร้อมคู่มือการถ่ายทอดการชุปทองให้กับชุมชน

1.4.2.3 สร้างชุดชุปทองคำ จำนวน 1 ชุด

1.4.2.4 สูตรปัจจัยที่เหมาะสมในกระบวนการชูปอโนไคซ์ สำหรับมะขามโลหะ ผลิตภัณฑ์ OTOP กลุ่มสตรีก้าวหน้า ต.สั๊กหลง อ.หล่มสัก จ.เพชรบูรณ์ พร้อมคู่มือการถ่ายทอดการชูปอให้กับชุมชน

1.4.2.5 วิเคราะห์การลงทุนตามหลักเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม ประกอบด้วย การหาจุดคุ้มทุน (Break Even Point) และระยะเวลาคืนทุน (Pay Back Period)

1.4.2 ขอบเขตด้านพื้นที่

1.4.2.1 การศึกษาปัจจัยที่เหมาะสมในการชูปอเคลือบผิวพวงกุญแจรูปฝักมะขาม พื้นที่ที่ใช้ในการทำวิจัยในครั้งนี้ ณ อาคาร เทคโนโลยีอุตสาหกรรม 18/5 ห้อง 5201 มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

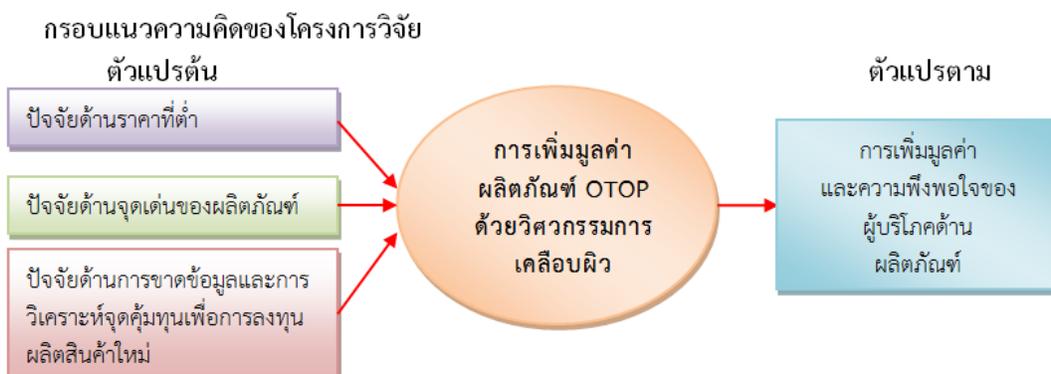
1.4.2.2 การศึกษาความพึงพอใจในการชูปอเคลือบผิวพวงกุญแจรูปฝักมะขาม พื้นที่ที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ ได้แก่ กลุ่มสตรีก้าวหน้า สักหลง อำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์

1.4.3 ขอบเขตด้านระยะเวลา

- การวิจัยครั้งนี้ใช้ระยะเวลาในการดำเนินการวิจัย 11 เดือน

1.5 ทฤษฎี สมมุติฐาน และกรอบแนวความคิดของโครงการ

สมมุติฐาน



ภาพที่ 1-2 ทฤษฎี สมมุติฐาน และกรอบแนวความคิดของโครงการ

ที่มา (ธรรม์ณชาติ วันแต่ง, 2559 ,21 มิถุนายน)

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.6.1 สร้างชุดชุดทอง 24k จำนวน 1 เครื่อง และสูตรปัจจัยที่เหมาะสมในกระบวนการชุบทอง 24k สำหรับผลิตภัณฑ์ OTOP กลุ่มตีมีดบ้านใหม่ ตำบลตาลเดี่ยว อำเภอห่มสั๊ก จังหวัดเพชรบูรณ์ พร้อมคู่มือสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับผลิตภัณฑ์พวงกุญแจโลหะรูปฝักมะขามให้กับกลุ่มสตรีก้าวหน้าสักหลง ตำบลสักหลง อำเภอห่มสั๊ก จังหวัดเพชรบูรณ์

1.6.2 สร้างชุดชุดอโนไดซ์ จำนวน 1 เครื่อง และสูตรปัจจัยที่เหมาะสมในกระบวนการชุบอโนไดซ์ สำหรับมะขามโลหะ ผลิตภัณฑ์ OTOP กลุ่มสตรีก้าวหน้า ต.สักหลง อ.ห่มสั๊ก จ.เพชรบูรณ์ พร้อมคู่มือ

1.6.3 เพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์กลุ่มตีมีดบ้านใหม่และกลุ่มสตรีก้าวหน้า

1.6.4 เพิ่มรายได้ให้กับกลุ่มตีมีดบ้านใหม่และกลุ่มสตรีก้าวหน้า

1.6.5 สร้างเอกลักษณ์ให้กับผลิตภัณฑ์มีดบ้านใหม่และกลุ่มสตรีก้าวหน้าให้มีชื่อเสียงประจำจังหวัดเพชรบูรณ์

1.6.6 มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์เป็นแหล่งความรู้สำหรับเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ OTOP ตามพันธกิจ

1.6.7 การเผยแพร่ผลงานในวารสารวิชาการ วารสารวิจัย และจดอนุสิทธิบัตร

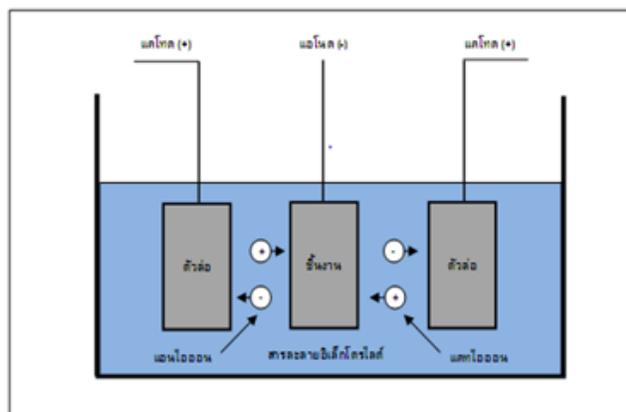
บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีเบื้องต้นของกระบวนการชุบโลหะด้วยไฟฟ้า

จากการวิจัยของนักวิทยาศาสตร์พบว่า ตัวนำไฟฟ้าสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ประเภทแรกเป็นตัวนำไฟฟ้าด้วยตนเองและไม่เกิดเปลี่ยนแปลงทางเคมี แต่จะทำหน้าที่เป็นเพียงสะพาน เพื่อให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านได้เท่านั้น ตัวอย่างเช่น แกรไฟต์และผงบรอนซ์ ประเภทที่สองเป็นตัวนำไฟฟ้าด้วยตนเองโดยการใช้การแยกสลายเป็นอนุภาคเล็กๆ ในทางวิทยาศาสตร์จะเรียกตัวนำไฟฟ้าประเภทนี้ว่า อิเล็กโทรไลต์ (Electrolyte) ตัวนำไฟฟ้าประเภทที่สองจะเกี่ยวกับกระบวนการชุบโลหะด้วยไฟฟ้าโดยตรง

อนันต์ ทองมอญ (2537) ได้กล่าวถึง กระบวนการชุบโลหะด้วยไฟฟ้า (Electroplating) ไว้ว่าเป็นกระบวนการที่ทำให้โลหะชนิดหนึ่งไปเคลือบผิวโลหะอีกชนิดหนึ่งด้วยปฏิกิริยาไฟฟ้าเคมี โดยชิ้นงานที่ต้องการชุบจะถูกจุ่มลงในสารละลายอิเล็กโทรไลต์ และกำหนดชิ้นงานดังกล่าวให้เป็นขั้วลบ (Cathode) ให้ส่วนตัวล่อซึ่งเป็นโลหะอีกชนิดหนึ่งกับโลหะที่เคลือบผิวกำหนดให้เป็นขั้วบวก (Anode) ขั้วทั้งสองจะถูกต่อเข้ากับเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า เมื่อกระแสไฟฟ้าไหลผ่านเข้าไปยังสารละลายอิเล็กโทรไลต์ อนุภาคเล็กๆ พวกหนึ่งของอิเล็กโทรไลต์จะวิ่งไปยังขั้วบวกเรียกอนุภาคเหล่านั้นว่า แอนไอออน (Anions) และอนุภาคเล็กๆ อีกพวกหนึ่งของอิเล็กโทรไลต์จะวิ่งไปยังขั้วลบเรียกอนุภาคเหล่านั้นว่า แคทไอออน (Cations) ดังแสดงในภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2-1 แบบจำลองการชุบโลหะด้วยไฟฟ้า
ที่มา (สิทธิพร อารักษ์วรกุล, 2559 ,26 มิถุนายน)

ตัวอย่างของกระบวนการชุบไฟฟ้า คือ กรณีที่ต้องการชุบโลหะแพลทินัมด้วยทองแดง ผู้วิจัยจะกำหนดให้แพลทินัม (Pt) เป็นขั้วลบ ทองแดงบริสุทธิ์ (Cu) เป็นขั้วบวกและสารละลายคอปเปอร์ซัลเฟต (CuSO_4) เป็นสารละลายอิเล็กโทรไลต์ เมื่อกระแสไฟฟ้าไหลผ่านเข้าไปยังสารละลายอิเล็กโทรไลต์ สารละลายคอปเปอร์ซัลเฟตจะแยกสารละลายออกเป็นอนุภาคเล็กๆ 2 ส่วน ประกอบไปทองแดง (Cu^{2+}) ที่มีประจุไฟฟ้าบวกและอนุภาคซัลเฟต (SO_4^{2-}) ที่มีประจุไฟฟ้าลบ เมื่อกระแสไฟฟ้าไหลผ่านครบวงจร อนุภาคเล็กๆ ของทองแดงจะวิ่งไปหาโลหะแพลทินัม ส่วนอนุภาคเล็กของซัลเฟตจะวิ่งเข้าไปหาโลหะทองแดงที่ขั้วบวกและทำปฏิกิริยากับทองแดง เป็นเหตุทำให้โลหะทองแดงละลายเป็นสารละลายคอปเปอร์ซัลเฟตแทนที่สารละลายคอปเปอร์ซัลเฟตตัวก่อนที่หมดไป สารละลายคอปเปอร์ที่เกิดขึ้นมาใหม่จะแยกสลายเป็นอนุภาคเล็กๆ 2 ส่วน คือ อนุภาคทองแดงและอนุภาคซัลเฟต อนุภาคทองแดงจะวิ่งเข้าไปติดที่ขั้วลบ อนุภาคซัลเฟตจะวิ่งเข้าไปที่ขั้วบวกและทำปฏิกิริยากับทองแดง กลายเป็นสารละลายคอปเปอร์ซัลเฟตเข้ามาแทนที่อีก ปฏิกิริยาเช่นนี้จะเกิดขึ้นซ้ำไปเรื่อยๆ จนกว่าจะหยุดจ่ายกระแสไฟฟ้า จากตัวอย่างในข้างต้นจึงเป็นที่มาให้มีการนำวิธีดังกล่าวไปใช้ประโยชน์ในกระบวนการชุบโลหะด้วยไฟฟ้า และใช้ในการแยกโลหะให้บริสุทธิ์ (Refinery) ตัวอย่างเช่น กรณีที่มีโลหะทองแดงที่ไม่บริสุทธิ์อยู่ สามารถทำให้บริสุทธิ์ได้โดยกำหนดให้โลหะทองแดงที่ไม่บริสุทธิ์ให้เป็นขั้วบวก และกำหนดให้สารละลายคอปเปอร์ซัลเฟตเป็นสารละลายอิเล็กโทรไลต์ เมื่อกระแสไฟฟ้าไหลผ่านสารละลายอิเล็กโทรไลต์ทองแดงบริสุทธิ์จะเกาะติดอยู่ที่ขั้วลบ ทำให้ได้ทองแดงบริสุทธิ์ตามที่ต้องการ

ไมเคิลฟาราเดย์ ได้ตั้งกฎความสัมพันธ์ระหว่างปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นทั้งสองข้างกับปริมาณกระแสไฟฟ้าไหลผ่านสารละลายอิเล็กโทรไลต์และระยะเวลาที่กระแสไฟฟ้าไหลผ่านทั้งหมด 2 ข้อดังต่อไปนี้

1. น้ำหนักของไอออนที่ถูกปล่อยให้เป็นอิสระด้วยกระแสไฟฟ้า จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ใช้
2. น้ำหนักของไอออนชนิดต่างๆ ที่ถูกปล่อยให้เป็นอิสระด้วยปริมาณกระแสไฟฟ้าที่เท่ากันจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับสมมูลเคมีของไอออนเหล่านั้น

จากกฎข้อที่หนึ่ง สามารถนำไปประยุกต์ในกระบวนการชุบโลหะไฟฟ้าได้ ในกรณีที่ต้องการให้โลหะเกาะติดขั้วลบที่ความหนาจำนวนหนึ่ง สามารถทำได้หมดสองวิธี วิธีแรก คือ กำหนดกระแสไฟฟ้าน้อยๆ แต่ใช้เวลานานๆ วิธีที่สอง คือ กำหนดกระแสไฟฟ้ามากๆ แต่ใช้เวลาสั้นๆ ทั้งสองวิธีนี้ทำให้โลหะที่ไปเกาะติดที่ขั้วลบมีปริมาณที่เท่าๆกัน

จากกฎข้อที่สอง ทำให้เราทราบว่าโลหะแต่ละชนิดมีคุณสมบัติในการแยกสลายแตกต่างกัน กล่าวคือ ที่ปริมาณกระแสไฟฟ้าเท่ากัน โลหะแต่ละชนิดจะแยกสลายด้วยปริมาณไม่เท่ากัน โดยที่โลหะบางชนิดจะแยกสลายออกมาน้อย โลหะบางชนิดจะแยกสลายออกมามาก ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติหรือสมมูลเคมีของโลหะนั้นๆ

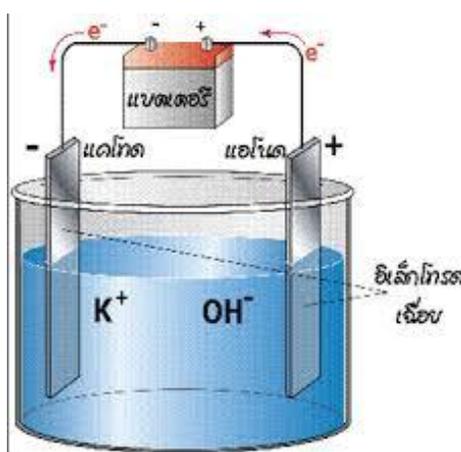
2.2 ทฤษฎีเบื้องต้นของกระบวนการอโนไดซ์

อลูมิเนียม (Aluminum) เป็นโลหะที่ถูกนำมาใช้กันอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมต่างๆ ทั้งในอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์ อุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ และอุตสาหกรรมยานยนต์ เป็นต้น เนื่องจากอลูมิเนียมเป็นวัสดุที่มีราคาถูก และมีคุณสมบัติต่างๆ คือ มีน้ำหนักเบา มีความหนาแน่นสูง มีความแข็งแรง นำไฟฟ้าและความร้อนได้ดี อีกทั้งยังสามารถต้านทานการสึกกร่อนได้เป็นอย่างดี

โดยปกติแล้วอลูมิเนียมเมื่ออยู่ในสภาวะแวดล้อมที่มีออกซิเจนเป็นองค์ประกอบ เช่น ในน้ำหรืออากาศ อลูมิเนียมจะทำปฏิกิริยากับออกซิเจนอย่างรวดเร็วจนเกิดฟิล์มอลูมิเนียมออกไซด์ที่มีความหนาแน่นขึ้นมาปกคลุมผิวหน้า ความหนาของฟิล์มอลูมิเนียมออกไซด์ที่เกิดขึ้นนั้นจะขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ เช่น ที่อุณหภูมิห้องจะให้ความหนาของฟิล์มอลูมิเนียมออกไซด์ประมาณ 2-3 นาโนเมตรและที่อุณหภูมิ 425 องศาเซลเซียส จะให้ความหนาของฟิล์มอลูมิเนียมออกไซด์มากกว่า 20 นาโนเมตร ข้อดีของฟิล์มอลูมิเนียมออกไซด์ที่เกิดขึ้น ก็คือ ถึงแม้ฟิล์มอลูมิเนียมออกไซด์จะเกิดความเสียหายจากการขีดข่วน แต่ก็ยังสามารถที่จะสร้างฟิล์มขึ้นมาทดแทนได้อย่างรวดเร็ว ดังนั้นฟิล์มอลูมิเนียมออกไซด์จึงช่วยให้อลูมิเนียมมีความสามารถในการต้านทานการสึกกร่อนได้ดียิ่งขึ้น

กระบวนการชุบอโนไดซ์อลูมิเนียม เป็นกระบวนการที่ทำให้ผิวอลูมิเนียมกลายเป็นอลูมิเนียมออกไซด์ในลักษณะของฟิล์ม (Al_2O_3) วิธีอโนไดซ์จะคล้ายกับการชุบโลหะด้วยไฟฟ้า แต่จะแตกต่างกันตรงชิ้นงานที่นำมาอโนไดซ์จะเป็นขั้วบวก แรงดันไฟฟ้าที่ใช้จะสูงกว่าอีกทั้งการอโนไดซ์จะไม่มีโลหะชนิดอื่นไปจับที่ผิวชิ้นงานอลูมิเนียม แตกต่างจากการชุบโลหะด้วยไฟฟ้าที่กำหนดชิ้นงานเป็นขั้วลบ และมีโลหะชนิดหนึ่งไปเคลือบผิวโลหะอีกชนิดหนึ่ง

การอโนไดซ์จะกระทำภายในถังบรรจุไปด้วยสารอิเล็กโทรไลต์ โดยกำหนดชิ้นงานที่นำมาอโนไดซ์อยู่ที่ขั้วบวกและกำหนดให้แผ่นตะกั่วหรือแผ่นคาร์บอน ซึ่งเป็นโลหะที่ไม่ทำปฏิกิริยากับสารละลายอิเล็กโทรไลต์อยู่ที่ขั้วลบ ดังแสดงในภาพที่ 2.2

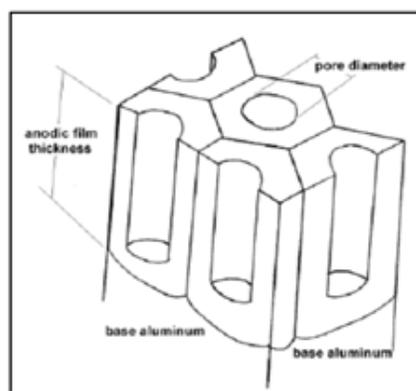


ภาพที่ 2-2 แบบจำลองการทำอโนไดซ์

ที่มา (<https://sites.google.com>, 2559, 26 มิถุนายน)

ตัวอย่างของกระบวนการอโนไดซ์ คือ กรณีที่ต้องการทำให้ผิวอลูมิเนียมกลายเป็นฟิล์มอลูมิเนียมออกไซด์ ผู้วิจัยจะกำหนดให้ชิ้นงานที่นำมาอโนไดซ์อยู่ที่ขั้วบวกแผ่นตะกั่วหรือแผ่นคาร์บอนอยู่ที่ขั้วลบ และกำหนดให้กรดซัลฟิวริก (H_2SO_4) เป็นสารละลายอิเล็กโทรไลต์ เมื่อเริ่มจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าสู่สารอิเล็กโทรไลต์ จะเกิดปฏิกิริยาการแยกส่วนในน้ำด้วยไฟฟ้า ปฏิกิริยาดังกล่าวจะส่งผลให้ก๊าซออกซิเจนเกิดขึ้นที่ขั้วบวก ก๊าซไฮโดรเจนเกิดขึ้นที่ขั้วลบ ไอออนของออกซิเจนที่ขั้วบวกจะเข้าไปจับอลูมิเนียมจนกลายเป็นอลูมิเนียมออกไซด์ และไอออนของไฮโดรเจนที่ขั้วลบจะทำปฏิกิริยาจนเกิดเป็นก๊าซไฮโดรเจน

ฟิล์มอลูมิเนียมออกไซด์ที่เกิดจากกระบวนการอโนไดซ์จะส่งผลให้อลูมิเนียมมีปริมาตรมากขึ้น แต่เมื่อลอกฟิล์มอลูมิเนียมออกไซด์ออกจากผิวชิ้นงานแล้วความหนาของชิ้นงานจะน้อยกว่าก่อนการอโนไดซ์ เนื่องจากฟิล์มอลูมิเนียมออกไซด์ที่เกิดจากการอโนไดซ์จะซึมเข้าไปในผิวของอลูมิเนียม จากการศึกษาโครงสร้างของฟิล์มอลูมิเนียมออกไซด์พบว่าฟิล์มที่เกิดมีลักษณะเป็นรูพรุน (Pore) และประกอบไปด้วยชั้นทั้งหมด 2 ชั้น ชั้นแรกจะเป็นชั้นผิวบางๆ ที่อยู่ระหว่างชั้นผิวอลูมิเนียมกับรูพรุน เรียกชั้นนี้ว่า ชั้นก้ำแพง (Barrier Layer) ชั้นที่สองจะเป็นชั้นที่มีเซลล์รูปทรงหกเหลี่ยมเรียงตัวกันอย่างสม่ำเสมอ บริเวณตรงกลางของเซลล์จะมีรูพรุนยาวเป็นแนวตั้งตามความหนาของฟิล์ม ผิวที่เกิดขึ้นเรียกว่า ชั้นรูพรุน (Porous Layer) ลักษณะโครงสร้างของฟิล์มอลูมิเนียมออกไซด์ แสดงได้ดังภาพที่ 2.3



ภาพที่ 2-3 ลักษณะ โครงสร้างของฟิล์มอลูมิเนียมออกไซด์
ที่มา (สิทธิพร อารักษ์วรกุล, 2559, 26 มิถุนายน)

2.3 ความรู้เกี่ยวกับขั้นตอนการทำอโนไดซ์

การทำอโนไดซ์ คือ กระบวนการป้องกันการผุกร่อนของโลหะอลูมิเนียม โดยทำให้เกิดออกไซด์ของอลูมิเนียม Al_2O_3 ที่เสถียรเคลือบผิวด้วยไฟฟ้า โดยใช้อิเล็กโทรลิซิส ออกไซด์ของอลูมิเนียมที่เกิดขึ้นจากการทำอโนไดซ์จะมีลักษณะผิวด้านและมีรูพรุนเล็กๆมากมาย โดยรูพรุนนี้จะเป็นที่กักเก็บสีที่เราจะข้อมไว้ การทำอโนไดซ์ จะทำให้ผิวอลูมิเนียมทนการกัดกร่อนได้มากขึ้นและเป็นฉนวนไฟฟ้า

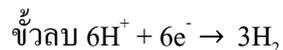
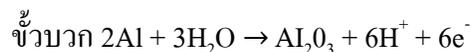
โดยปกติเมื่อทิ้งอลูมิเนียมไว้ในอากาศ อลูมิเนียมจะทำปฏิกิริยากับออกซิเจนในอากาศ จะเกิดเป็นชั้นฟิล์มบางๆ ซึ่งจะมีคุณสมบัติทนต่อการกัดกร่อนได้ดีในแผ่นอลูมิเนียมบริสุทธิ์ การเกิดชั้นฟิล์มจะเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ แต่ในอลูมิเนียมที่มีโลหะอื่นผสม (alloys) โดยเฉพาะอลูมิเนียมที่ผสมแมกนีเซียม มีคุณสมบัติการกัดกร่อนลดลงดังนั้นการทำโนโคไซด์จะเป็นการเพิ่มความสามารถในการทนการกัดกร่อนของอลูมิเนียมอัลลอย อลูมิเนียมที่เป็นส่วนหลักทั้งหมดที่ใช้ในเครื่องบินจะเป็นอลูมิเนียมอโนโคไซด์ นอกจากนี้ เรายังพบอลูมิเนียมอโนโคไซด์ในเครื่องใช้ประจำวันของเรา เช่น เครื่องเล่น MP3 ไฟฉาย เครื่องครัว ก๊อชิ่ง อุปกรณ์กีฬา เป็นต้น ซึ่งผลพลอยได้จากการทำโนโคไซด์ นอกจากจะทนทานต่อการกัดกร่อนของบรรยากาศได้ดีขึ้นแล้ว ยังสามารถข้อมสีได้อีกด้วย ผิวของอลูมิเนียมที่ผ่านการอโนโคไซด์แล้วจะมีความสามารถในการนำความร้อนได้ลดลง และมีสัมประสิทธิ์ในการขยายตัวต่ำกว่าอลูมิเนียมบริสุทธิ์ ด้วยผลกระทบนี้อลูมิเนียมจะแตกร้าวเมื่อทิ้งไว้ในอุณหภูมิที่สูงกว่า 80 องศาเซลเซียส อย่างไรก็ตามผิวจะไม่กะเทาะลอกออก ผิวของอลูมิเนียมที่ผ่านการอโนโคไซด์แล้วจะมีจุดหลอมเหลวที่ 2050 องศาเซลเซียส ซึ่งสูงกว่าอลูมิเนียมบริสุทธิ์ที่จุดหลอมเหลวที่ 685 องศาเซลเซียส ดังนั้นอลูมิเนียมที่ผ่านการอโนโคไซด์จะเชื่อมติดได้ยาก อลูมิเนียมออกไซด์ที่เกิดจากการอโนโคไซด์จะงอกขึ้นที่ผิวและส่วนหนึ่งจะซึมลงไปเนื้อผิวเดิมในอัตราส่วนเท่าๆกัน ตัวอย่างเช่น การอโนโคไซด์หนา 2 ไมโครเมตร ดังนั้นชิ้นงานจะมีความหนาเพิ่มขึ้นเพียง 1 ไมโครเมตร (เพราะอีก 1 ไมโครเมตรกินลงไปเนื้อผิวเดิม) หากการทำโนโคไซด์ ทำขึ้นในสารละลาย (ที่อลูมิเนียมออกไซด์สามารถละลาย) เช่น กรดกำมะถันหรือกรดโคลมิก ขนาดของรูพรุนที่เกิดขึ้นจะมีเส้นผ่านศูนย์กลางระหว่าง 10-15 นาโนเมตร ก่อตัวเป็นชั้นบางๆ ที่ผิว สามารถก่อดัชนีขึ้น รูพรุนที่เกิดขึ้นตอนนี้เป็นเหมือนท่อหกเหลี่ยมปลายเปิด ซึ่งยังสามารถถูกกัดกร่อนได้หากยังไม่ปิดผนึกปลายทรงกระบอกนี้ โดยทรงกระบอกเล็กๆนี้จะเป็นที่บรรจุสีและป้องกันการกัดกร่อน ซึ่งเราต้องปิดปลายทรงกระบอกนี้เพื่อกักเก็บสีและป้องกันการกัดกร่อนภายใน การอโนโคไซด์อลูมิเนียมมีด้วยกันสามชนิดหลักๆ (ตามMIL-A-862S) คือ

Type I – Chromic Acid Anodizationคือ กระบวนการนี้ โดยทั่วไปจะใช้กับชิ้นงานที่ไม่ต้องการความแข็งแรงของผิวสูงมาก

Type II –Sulphuric Acid Anodizationคือ กระบวนการนี้ โดยทั่วไปจะใช้กับชิ้นงานที่ต้องการความแข็งแรงของผิวสูง

Type III –Sulphuric acid hardcoatanodizationคือ กระบวนการนี้ โดยทั่วไปจะใช้กับชิ้นงานที่ต้องการความแข็งแรงของผิวสูงมาก

ก่อนการทำโนโคไซด์ เราควรนำชิ้นงานอลูมิเนียมด้วยผงซักฟอก น้ำยาล้างจาน สบู่หรือสารชะล้างไขมัน เพื่อขจัดคราบไขมันก่อนที่จะนำชิ้นงานไปกัดในโซดาไฟ ในการชุบโนโคไซด์ เราจะใช้กระแสไฟฟ้าตรงผ่านไปยังอลูมิเนียมชิ้นงานและแผ่นอลูมิเนียมที่เชื่อมต่อในสารละลายสำหรับชุบ กระแสไฟฟ้าจะปล่อยไฮโดรเจนออกที่ขั้วลบ และเริ่มสร้างอลูมิเนียมออกไซด์ที่ผิว โดยจะเกิดปฏิกิริยาเคมีดังสมการ



ดังนั้นปฏิกิริยาโดยรวมคือ $2\text{Al} + 3\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Al}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2$

เงื่อนไขและองค์ประกอบอื่นๆ อาทิเช่นความเข้มข้นของสารละลายอโนโคไซด์ อุณหภูมิของสารละลายอโนโคไซด์ กระแสไฟฟ้าที่ใช้ ล้วนมีผลต่อการก่อตัวของชั้นอลูมิเนียมออกไซด์ ความหนาของชั้นอาจแตกต่างกันหลายเท่า เมื่อเงื่อนไขและองค์ประกอบเปลี่ยนไปชั้นของออกไซด์ที่เกิดจะเพิ่มความแข็งแรงและความสามารถในการทนต่อการกัดกร่อน ออกไซด์ที่เกิดขึ้นจะก่อตัวเป็นท่อรูปหกเหลี่ยมเรียงตัวกัน ความหนา(สูง) ของท่อนี้เริ่มตั้งแต่ 5 ไมโครเมตร ซึ่งจะให้ชิ้นงานสว่างใสและจนถึง 150 ไมโครเมตร สำหรับใช้งานทางด้านสถาปัตยกรรม

2.3.1 การทำโนโคไซด์ด้วยกรดโครมิก

วิธีการทำโนโคไซด์แบบนี้เป็นวิธีการแต่ดั้งเดิม รู้จักกันว่าเป็นวิธีแบบ Type I ตามมาตรฐาน MIL-A-8625 และรวมอยู่ใน Type IB ตามมาตรฐาน AMS 2470 และ MIL-A-8625 วิธีการใช้กรดโครมิกเป็นสารละลายหลักนี้จะให้ความหนาของชั้นฟิล์มบางๆตั้งแต่ 5-18 ไมโครเมตร และผิวชิ้นงานที่ทึบแสง แผ่นฟิล์มที่ได้จะอ่อนนุ่ม ยากต่อการชุบสี เหมาะสำหรับการเตรียมผิวก่อนนำไปพ่นสี การใช้กระแสไฟฟ้าจะต้องเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ตามกระบวนการชุบ

2.3.2 การทำโนโคไซด์ด้วยกรดซัลฟิวริก

เป็นวิธีการที่นิยมใช้กันมากที่สุด โดยใช้กรดซัลฟิวริกเป็นสารละลายหลักเรียกว่าเป็นวิธี Type II ซึ่งจะให้ความหนาของชั้นฟิล์มปานกลางตั้งแต่ 1.8-25 ไมโครเมตร ตามมาตรฐาน MIL-A-8625 การชุบหนากว่า 25 ไมโครเมตร เรียกว่าเป็นการชุบแบบหนา Type III, Hard Coat หรือ Engineered Anodizing การชุบแบบบางมากๆ(โดยใช้กรดซัลฟิวริกเป็นสารละลายหลัก)คล้ายๆกับวิธีการใช้กรดโครมิก เรียกวิธีนี้ว่า Type IIB

การชุบแบบหนามากๆต้องการกระบวนการและเครื่องมือในการควบคุมอุณหภูมิโดยใช้เครื่องทำความเย็นหล่อสารละลายน้ำยาชุบให้ใกล้จุดเยือกแข็ง(ของน้ำ)และใช้กระแสไฟฟ้าสูงกว่าการชุบแบบบาง การชุบแบบหนาจะให้ความหนาของชั้นฟิล์มตั้งแต่ 25-150 ไมโครเมตร การชุบอโนโคไซด์หนา

จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพต่อการกัดกร่อน มีผลล้นทนต่อการเสียดสี กันความร้อนและเป็นฉนวนไฟฟ้า มาตรฐานที่ใช้ในการควบคุมการชุบแบบหนา Type III กำหนดโดยมาตรฐาน MIL-A-8625 หรือ 2469

2.3.3 การทำโนโคซ์ด้วยกรดอินทรีย์เคมี

การใช้สารละลายกรดอินทรีย์เคมีอย่างกรดออกซาลิก จะให้สีสันภายในโดยไม่ต้องชุบสี สีที่เกิดขึ้นแปรเปลี่ยนไปตามชนิดของโลหะที่ผสม ความหนาของชั้นโนโคซ์สามารถทำได้มากถึง 50 ไมโครเมตรการชุบแบบนี้เรียกว่า Type IC กำหนดโดยมาตรฐาน MIL-A-8625

2.3.4 การทำโนโคซ์ด้วยกรดฟอสฟอริก

การใช้กรดฟอสฟอริกเป็นสารละลายตัวกลางในการชุบ โดยปกติจะใช้ในการเตรียมผิว เพื่อใช้เตรียมผิวสำหรับใช้งาน Adhesives Adhesives อธิบายตามมาตรฐาน ASTM D3933

2.3.5 การปิดผนึกท่อ

กระบวนการชุบโนโคซ์แบบ Type I, II และ III จะสร้างรูพรุนเล็กๆที่ผิวซึ่งสามารถดูดซับสีซ่อมและคงความมันลื่นไว้ได้ แต่ยังไม่สามารถทนต่อการกัดกร่อนได้ดี การปิดผนึกปลายท่อสามารถทำได้โดยการจุ่มแช่ในน้ำเดือด ซึ่งเป็นวิธีการง่ายที่สุด แต่ไม่ใช่วิธีที่มีประสิทธิภาพที่ดีที่สุด เนื่องจากประสิทธิภาพในการป้องกันการจืดจางจะน้อยลง 20% การชุบปิดด้วย เทพล่อน, นิเกิลอาซิเตต, โคบอลอาซิเตต และโซเดียมไดโคเมท/โปรแตสเซียมไดโคเมท จะให้ได้ผลสมบูรณ์

2.4 ความรู้เกี่ยวกับการชุบทอง

กระบวนการชุบทองเป็นกระบวนการชุบโลหะด้วยไฟฟ้าชนิดหนึ่ง (Electroplating) คือกระบวนการผ่านกระแสไฟฟ้าเข้าไปในสารละลายเกลือของโลหะ (Metallic salts) แล้วทำให้ไอออนบวกวิ่งมารับประจุไฟฟ้าลบที่ชิ้นงานซึ่งทำหน้าที่เป็นขั้วลบ (Cathode) จึงทำให้เกิดเป็นชั้นผิวบางของโลหะมาเคลือบอยู่บนผิวด้านนอกของชิ้นงาน เพื่อเพิ่มคุณสมบัติให้กับชิ้นงานโลหะ เช่น ป้องกันการกัดกร่อน ป้องกันสนิม ความสวยงาม และเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์ โดยเฉพาะกลุ่มผลิตภัณฑ์ OTOP และผลิตภัณฑ์วิสาหกิจชุมชนที่ต้องเพิ่มมูลค่าให้กับสินค้าเพื่อเป็นการเพิ่มยอดขายให้มากขึ้น แต่เนื่องจากผู้ประกอบการขนาดกลางและขนาดเล็กส่วนใหญ่ยังขาดความรู้ในการเพิ่มมูลค่าของผลิตภัณฑ์ และขาดความรู้ตามหลักวิชาการ ส่งผลให้การแข่งขันในตลาดทำได้ยาก จึงจำเป็นต้องได้รับความรู้การเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์



ภาพที่ 2-4 ผลิตภัณฑ์ที่ซื้บทอง

ที่มา (<http://popwinsonshop.weloveshopping.com>, 18 มิถุนายน 2558)

2.4.1 วัสดุอุปกรณ์และสารเคมี

สารเคมีที่ใช้ในการชุบเคลือบผิวด้วยไฟฟ้ามีหลายชนิดแตกต่างกันไปตามชนิดของน้ำยาชุบหรือสูตรน้ำยาชุบลักษณะต่างๆ ซึ่งในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะที่จำเป็นในงานชุบทองเท่านั้น

2.4.1.1 สารเคมี

สารเคมีที่จำเป็นสำหรับกระบวนการชุบทองมีดังนี้

1. โซเดียมไซยาไนด์ (Sodium Cyanide) มีลักษณะเป็นก้อนสีเหลี่ยมสีขาวคล้ายลูกเหม็น ใช้กันแมลงสาบ ขนาดก้อนประมาณ 3.5 x 2.8 x 1.5 ซม.³ มีหลายขนาดขึ้นอยู่กับบริษัทผู้ผลิต ใช้ผสมในน้ำยาชุบบางชนิด และให้ละลายน้ำเป็นน้ำยาคัดล้างผิวชิ้นงานโลหะให้สะอาด โซเดียมไซยาไนด์ มีอันตรายมาก ห้ามใช้มือสัมผัสโดยตรง โดยเฉพาะผู้ที่มึบาคแผล พิษของมันจะซึมเข้าไป มีอันตรายถึงชีวิต หลังการทำงานทุกครั้งต้องล้างมือด้วยสบู่ให้สะอาด ระหว่างการปฏิบัติงานไม่ควรใช้มือจับแก้วน้ำหรืออาหารโดยเด็ดขาด

2. ลูกประคำดีควาย เป็นผลไม้พื้นบ้าน นิยมใช้กับยาแผนโบราณมีลักษณะเป็นลูกกลมสีดำขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 2 ซม. แต่ในงานชุบเคลือบผิวด้วยไฟฟ้านำมาแช่น้ำเป็นน้ำยาล้างผิวชิ้นงานโลหะแทนผงซักฟอก เพราะคุณภาพดีกว่า ราคาถูก

3. โซนิกซ์คอปเปอร์ ซอลท์ (Zonax Copper Salt) เป็นเกลือทองแดงที่ผสมสำเร็จใช้ทำเป็นน้ำยาชุบทองแดงต่างมีลักษณะเป็นผงสีขาวนวลคล้ายผงซักฟอก
4. คอปเปอร์ซัลเฟต (Copper Sulphate) เป็นเกลือทองแดง ใช้ผสมทำเป็นน้ำยาชุบทองแดงกรด ชาวบ้านเรียกจุนสีมีลักษณะเป็นก้อนหรือเกล็ดเล็กๆ สีฟ้า
5. กรดกำมะถัน 96% (ถ.พ.1.84) (Sulphuric Acid) เป็นของเหลวใส อันตรายมากมีฤทธิ์กัดทำลายสูง การใช้ต้องระมัดระวัง เป็นพิเศษ กรดกำมะถันใช้เป็นส่วนผสมในน้ำยาชุบทองแดงกรดและน้ำยาชุบชนิดอื่น ๆ
6. น้ำยาเงา (ทองแดง) เป็นของเหลวสีม่วง ใสในน้ำยาชุบทองแดงเพื่อช่วยให้ผิวชิ้นงานที่ชุบเป็นเงา
7. นิกเกิลซัลเฟต (Nickel Sulphate) เป็นเกลือนิกเกิลชนิดหนึ่ง มีลักษณะเป็นเกล็ดเล็กๆ สีเขียวใช้ผสมในน้ำยาชุบนิกเกิล
8. นิกเกิลคลอไรด์ (Nickel Chloride) เป็นเกลือนิกเกิลชนิดหนึ่งมีลักษณะเป็นเกล็ดเล็กๆ สีเขียวตอง ใช้ผสมในน้ำยาชุบนิกเกิล
9. กรดบอริก (Boric Acid) เป็นกรดที่มีลักษณะเป็นผงสีขาวละเอียด ใช้ผสมในน้ำยาชุบนิกเกิล ทำหน้าที่เป็นตัวควบคุมค่าความเป็นกรดต่าง (pH) ในน้ำยาชุบให้คงที่เพื่อรักษาคุณภาพของน้ำยาชุบไม่ให้เปลี่ยนไป
10. น้ำยาพื้น (นิกเกิล) มีลักษณะเป็นของเหลวใสเหมือนน้ำ ใช้ใส่ผสมในน้ำยาชุบนิกเกิลช่วยให้ชิ้นงานเงา
11. น้ำยาเงา (นิกเกิล) เป็นของเหลวสีขาวใช้ผสมในน้ำยาชุบนิกเกิลช่วยชิ้นงานเงา
12. กรดดินประสีว (Nitric Acid) เป็นกรดขนาดความเข้มข้นธรรมดาประมาณ 65% มีลักษณะเป็นของเหลวใสใช้เป็นกรดกัดแผ่นทอง ความเข้มข้นอาจจะลดลงบ้างแต่ก็ใช้ได้
14. น้ำกลั่น ใช้เป็นส่วนผสมในน้ำยาชุบชนิดต่างๆ (ใช้น้ำฝนแทนก็ได้)
15. แผ่นตัวล่อ การชุบโลหะแต่ละชนิดต้องใช้แผ่นตัวล่อแตกต่างกันไป เช่น
 - ชุบทองแดงต่าง ต้องใช้แผ่นตัวล่อทองแดงต่างซึ่งเป็นแผ่นทองแดงชนิดธรรมดาทั่วไป หรือท่อทองแดงใช้กับเครื่องทำความเย็นก็ได้
 - ชุบทองแดงกรด ต้องใช้แผ่นตัวล่อเป็นทองแดงชนิดพิเศษซึ่งจำหน่ายเฉพาะในร้านจำหน่ายวัสดุอุปกรณ์การชุบเท่านั้น
 - ชุบนิกเกิล ต้องใช้แผ่นนิกเกิลเป็นตัวล่อ

- ชุบทอง ต้องใช้แท่งทองจริง หรือแผ่นแพลตตินัม หรือสแตนเลสเป็นตัวล่อ ฯลฯ

2.4.1.2 อุปกรณ์

1. แบตเตอรี่ (Battery) ขนาด 12 โวลต์ เป็นแหล่งสร้างกระแสไฟฟ้าตรง (D.C.) ส่งผ่านแผ่นตัวล่อขั้วบวก (+) และขั้วงานขั้วลบ (-) เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาทางเคมี แยกน้ำยาชุบให้เป็นอนุภาคเล็ก ๆ แบตเตอรี่เหมาะสำหรับการชุบทองแบบสมัครเล่นเพราะราคาถูกหาซื้อได้ง่าย แต่มีข้อเสียคือต้องชาร์ตไฟเข้าให้เต็มบ่อย ๆ

2. เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า (Rectifier) เป็นเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้ากระแสสลับ (A.C.) ที่ใช้ตามบ้านให้เป็นกระแสไฟฟ้าตรง (D.C.) เหมือนกระแสไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าเป็นอุปกรณ์ที่มีประโยชน์มากเพราะสามารถปรับปริมาณของแรงเคลื่อนไฟฟ้า (โวลต์) ให้มากหรือน้อยได้ ตามต้องการโดยเพียงหมุนปุ่มบังคับเท่านั้น แต่เนื่องด้วยเครื่องดังกล่าวราคาแพงยังไม่เหมาะสำหรับผู้เริ่มทำ หรือผู้มีทุนน้อย ผู้เขียนจึงจะอธิบายขั้นตอน การทำโคไนซ์หม้อแบตเตอรี่เท่านั้น วิธีการปรับปริมาณแรงเคลื่อนไฟฟ้า จากแบตเตอรี่จะได้ อธิบายโดยละเอียดในตอนต่อไป เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้ามีหลายขนาดเช่น 1.0, 2.5, 50 และ 100 แอมป์ ซึ่งขนาดต่างๆ ขึ้นอยู่กับปริมาณชิ้นงานที่จะชุบ ชิ้นงานมาก ควรใช้ขนาดที่มีแอมป์สูงขึ้น การคำนวณขนาด แอมป์และวิธีใช้เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าให้ศึกษา

3. ภาชนะบรรจุ ภาชนะที่ใช้บรรจุ น้ำยาชุบในโรงงานนิยมใช้ภาชนะเป็นเหล็กสแตนเลส PVC ฯลฯ แต่สำหรับงานชุบขนาดเล็กอาจใช้ถังพลาสติกชนิดธรรมดาหรือถ้วยแก้ว ดังในภาพ จะเหมาะสมกว่า



ภาพที่ 2-5 ภาชนะบรรจุ

ที่มา (<http://glasswarechemical.com>, 18 มิถุนายน 2558)

4. แปรงลวดทองเหลือง ใช้ขัดล้างผิวหน้าชิ้นงานให้สะอาดจนแปรงควรเป็นชนิดละเอียดชนิดนี้

5. ลวดทองแดงเปลือยและสายไฟฟ้าหุ้มพลาสติก ลวดทองแดงเปลือยใช้ผูกมัดชิ้นงาน นิยมใช้ลวดทองแดงจากสายโทรศัพท์หรือชนิดที่มีขายเป็นม้วน ทองแดงที่ใช้พันมอเตอร์ก่อนใช้ควรต้องขัดผิวที่เคลือบแล็กเกอร์ออกเสียก่อน เพื่อให้ไฟฟ้าเดิมได้สะดวกสายไฟฟ้าหุ้มพลาสติกใช้ต่อระหว่างขั้วแบตเตอรี่กับแผ่นตัวต่อและชิ้นงาน ขั้วบวก (+) ขั้วลบ (-) ใช้สีดำหรือสีเขียว

6. เตาถ่านหรือเตาไฟฟ้า ใช้สำหรับต้มน้ำและเพิ่มอุณหภูมิน้ำยาชุบให้ได้อุณหภูมิที่ต้องการ ฯลฯ

7. หม้อเคลือบ ใช้สำหรับต้มน้ำเปล่าหรือต้มน้ำละลายโซเดียมไซยาไนด์สามารถใช้หม้อสเตนเลสได้

8. ราวโลหะ ใช้ห้อยชิ้นงานขณะชุบชนิดของโลหะที่นิยมใช้ทำเป็นราว เช่น สเตนเลส ทองแดงและทองเหลืองที่ทำด้วยสเตนเลสเหมาะสมกับการใช้งานชุบมากเพราะไม่ค่อยทำปฏิกิริยากับสารเคมีและทำความสะอาดบ่อย ๆ เพราะจะเกิดเกลือที่ผิวง่าย

9. คลิปหนีบ ใช้หนีบขั้วแบตเตอรี่และจุดพันระหว่างสายไฟฟ้าหรือลวดทองแดงกับราวโลหะ

(พิชิต เลี่ยมพิพัฒน์, 2525, หน้า 5-10)

2.5. สูตรน้ำยาชุบและขั้นตอนการเตรียมน้ำยาชุบชนิดต่างๆ

น้ำยาชุบ (Electrolyte) เป็นส่วนประกอบที่สำคัญต่อประสิทธิภาพของการชุบ จะแตกต่างกันไปตามชนิดของโลหิตที่จะชุบ เช่น จะชุบเป็นทองแดงต้องใช้น้ำยาชุบทองแดง จะชุบเป็นนิกเกิลต้องใช้น้ำยาชุบนิกเกิล จะชุบเป็นทองต้องใช้น้ำยาชุบทอง เป็นต้น ซึ่งน้ำยาชุบของโลหะแต่ละชนิดจะมีสูตรผสมหลาย ๆ สูตรแตกต่างกันไปอีก

1. สูตรน้ำยาชุบทองแดงดำ

สูตร ก.

ตารางที่ 2-1 สูตรน้ำยาชุบทองแดงดำ สูตร ก.

คอปเปอร์ไซยาไนด์	15 กรัม
โซเดียมไซยาไนด์	23 กรัม
โซเดียมคาร์บอเนต	15 กรัม
น้ำ	1 ลิตร
อุณหภูมิขณะชุบ	40 - 60°C
แรงเคลื่อนไฟฟ้า	6 โวลต์
ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้า	10 - 30 แอมป์/ตร. ฟุต
ตัวอย่าง	แท่งทองแดงชนิดธรรมดาที่มีจำหน่ายทั่วไป

เพื่อความสะดวกอาจใช้น้ำยาชุบทองแดงดำที่ผสมไว้สำเร็จแล้วก็ได้ ตามสูตร ข. ดังนี้

สูตร ข.

ตารางที่ 2-2 สูตรน้ำยาชุบทองแดงดำ สูตร ข.

โซเน็กซ์คอปเปอร์ซอลท์	125 กรัม
น้ำ	1 ลิตร
อุณหภูมิขณะชุบ	ปกติ
แรงเคลื่อนไฟฟ้า	6 - 12 โวลต์
ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้า	10 - 30 แอมป์/ตร. ฟุต
ตัวอย่าง	แท่งทองแดงชนิดธรรมดาที่มีจำหน่ายทั่วไป

หมายเหตุ : น้ำยาชุบทองแดงดำตามสูตร ข. จะมีสีเนื้อปูน

ผู้เขียนขอแนะนำให้ใช้สูตร ข. เพราะมีปัญหาเรื่องการซื้อสารเคมีพวกไซยาไนด์หากใช้

สูตร ก.

2. สูตรน้ำยาชุบทองแดงกรด

ตารางที่ 2-3 สูตรน้ำยาชุบทองแดงกรด

คอปเปอร์ซัลเฟต	250 กรัม
กรดกำมะถันชนิดเข้มข้น 96% (ถพ. 1.84)	10 - 30 กรัม
น้ำยาเงา (ทองแดง)	3 กรัม
น้ำ	1 ลิตร
อุณหภูมิขณะชุบ	ปกติ
แรงเคลื่อนไฟฟ้า	1 โวลต์
ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้า	50 – 75 แอมป์/ตร. ฟุต
ตัวอย่าง	แท่งทองแดงชนิดพิเศษสำหรับกรด

หมายเหตุ : น้ำยาชุบทองแดงกรดจะมีสีน้ำเงินใส

3. สูตรน้ำยาชุบนิกเกิลเงา

ตารางที่ 2-4 สูตรน้ำยาชุบนิกเกิลเงา

นิกเกิลซัลเฟต	250 กรัม
นิกเกิลคลอไรด์	60 กรัม
กรดบอริก	40 กรัม
น้ำยาพื้นนิกเกิล (สีใส)	10 ซี.ซี.
น้ำยาเงานิกเกิล(สีชา)	10 กรัม
น้ำ	1 ลิตร
อุณหภูมิ	50 – 60 °C (หรือปกติ)
แรงเคลื่อนไฟฟ้า	1 โวลต์
ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้า	40 – 60 แอมป์/ตร. หรือ 4.3 – 6.5 แอมป์/ตร. ซม.
ตัวอย่าง	แท่งนิกเกิล

หมายเหตุ : น้ำยาชุบนิกเกิลเงาจะมีลักษณะสีเขียวใส

4. สูตรน้ำยาชุบทอง มีหลายสูตร เช่น สูตร ก.

ตารางที่ 2-5 สูตรน้ำยาชุบทอง สูตร ก

ทองโปตัสเซียมไซยาไนด์	8.5 กรัม
โปตัสเซียมไซยาไนด์	10.5 กรัม
โปตัสเซียมคาร์บอเนต	15.6 กรัม
โปตัสเซียมฟอสเฟต	12 กรัม
น้ำ	1 ลิตร
อุณหภูมิขณะชุบ	60 °C
แรงเคลื่อนไฟฟ้า	- โวลต์
ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้า	2 - 7 แอมป์/ตร. ฟุตหรือ 0.2 – 0.7 แอมป์/ตร. ซม.
ตัวอย่าง	ทองจริง ทองคำขาว แท่งคาร์บอน หรือสแตนเลส

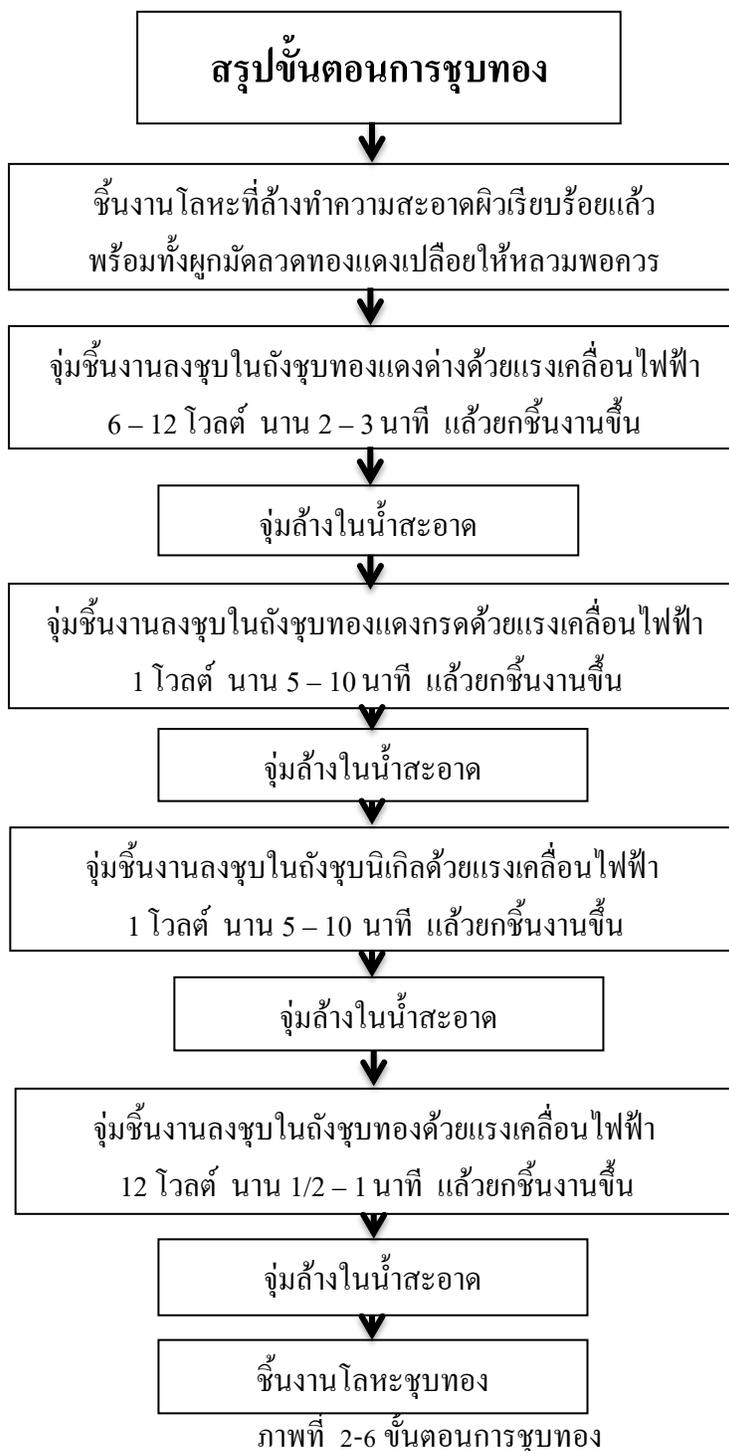
ตารางที่ 2-6 สูตรน้ำยาชุบทอง สูตร ข

แผ่นทองจริง	2 หุนหรือ 1.5 กรัม
กรดดินประสิว	20 กรัม
กรดเกลือ	40 กรัม
โซเดียมไซยาไนด์	10 กรัม
น้ำ	500 กรัม
อุณหภูมิขณะชุบ	60 °C หรือปกติ
แรงเคลื่อนไฟฟ้า	12 โวลต์
ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้า	-
ตัวอย่าง	ทองจริง แพลตตินัม หรือสแตนเลส

หมายเหตุ น้ำยาชุบทองตามสูตร ข. จะมีลักษณะเป็นน้ำใสออกเหลืองนิดหน่อย

สูตรที่ผู้เขียนแนะนำให้ใช้คือสูตร ข. เพราะเป็นสูตรที่ใช้ได้ผลและช่างผู้ชำนาญงานนิยมใช้กันมานานแล้ว (พิชิต เลี่ยมพิพัฒน์, 2525, หน้า 25-28.)

2.6 ขั้นตอนการชุบทอง



ที่มา (<http://glasswarechemical.com>, 18 มิถุนายน 2558)

2.7 การตีมีดบ้านใหม่

ผลิตภัณฑ์มีดกลุ่มบ้านใหม่ ตำบลตาลเดี่ยว อำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์ เป็นผลิตภัณฑ์หนึ่งตำบลหนึ่งหมู่บ้าน (OTOP) ซึ่งกระบวนการตีมีดของกลุ่มบ้านใหม่นี้เริ่มมาจากบรรพบุรุษที่อพยพมาจากประเทศลาวเมื่อประมาณ 200 ปี สืบทอดโดยปู่ย่าตายายที่เดินทางมาจากจังหวัดลำปาง คือปู่ตั้งมาตั้งถิ่นฐานครั้งแรกที่บริเวณสี่แยกบ้านสักงอย ได้มีการตั้งเตาตีมีดและถ่ายทอดวิชาความรู้แก่ลูกหลาน ต่อมาได้ย้ายข้ามแม่น้ำป่าสักมาอยู่อีกฟากหนึ่งซึ่งก็คือบ้านใหม่ ตำบลตาลเดี่ยว ณ ปัจจุบันแต่เดิมเรียกช่างตีมีดว่า ช่างตีเหล็ก โดยกระบวนการตีเหล็กจะใช้เหล็กหลอมจากบ่อซึ่งเป็นการตีเหล็กเป็นเครื่องมือเครื่องใช้ในชีวิตประจำวัน เช่น มีดฟันไม้ ขวานเจาะไม้ ขวานตากไม้ ลิ่ม เสียม ลิว ชะแลง ดินลื้อ (เกรียน) ต่อเรือ ขุดเรือ การสร้างยุ้งฉาง การสร้างบ้าน เป็นต้น ในอดีตจะตีเหล็กเพื่อเป็นการนำไปแลกเปลี่ยนเป็นข้าว อาหาร ของใช้ หรือสินค้าอย่างอื่น เพราะช่างตีมีดไม่ได้ทำนาทำไร่ก็จะนำเอามีดไปแลกกับข้าว ฝ้าย และพืชผักต่างๆ ต่อมาจากแลกเปลี่ยนก็กลายเป็นซื้อขายก็เอาลงเรือไปขายที่อยุธยา ลพบุรี ไปตามแม่น้ำป่าสัก บางทีก็ใช้ลูกหาบหาบไปขายที่ขอนแก่น เมื่อก่อนมีดเล่มหนึ่งราคาสิ่งเดียวแต่ตอนนี้ราคามีตั้งแต่ 150-3,000 บาท ในปัจจุบันการตีมีดเป็นการทำเพื่อการค้าจะใช้เหล็กจากแหวนรถยนต์ หมอนรางรถไฟ หรือเหล็กแท่งเป็นวัสดุสำหรับตีขึ้นรูปมี ปัจจุบันช่างตีมีดบ้านใหม่ได้มีการสืบทอดมาถึงรุ่นที่ 4 แล้ว โดยมี ช่างทัย ช่างคำพู่ ช่างเลาะ ช่างจบ ช่างปลั่ง ซึ่งช่างรุ่นนี้อายุส่วนมากประมาณ 80 ปีแล้ว แต่ก็ยังมีการถ่ายทอดแก่ลูกหลานและคนรุ่นใหม่ ทำให้เกิดเป็นอาชีพหลักของหมู่บ้านโดยไม่ต้องอพยพไปทำงานในเมืองหลวงหรือที่อื่นๆทำให้ครอบครัวเกิดความอบอุ่น ชุมชนมีความเข้มแข็ง มีรายได้จุนเจือครอบครัวมาโดยตลอด สามารถส่งบุตรหลานให้ได้เรียนหนังสือและนำสิ่งที่ตีมาพัฒนาหมู่บ้านของตนให้มีความเจริญทัดเทียมกับหมู่บ้านอื่น โดยไม่ลืมนึกที่จะสืบทอดภูมิปัญญาท้องถิ่นของหมู่บ้านที่สั่งสมกันมาเป็นเวลาช้านานให้สูญหายไปกับกาลเวลาและความเจริญทางเทคโนโลยี

2.8 กระบวนการผลิตมีดของกลุ่มตีมีดบ้านใหม่

กลุ่มตีมีดบ้านใหม่ได้จัดตั้งขึ้นเป็นครั้งแรก เมื่อปี พ.ศ.2533 โดยมี นายชนด์ ป็องคำ เป็นประธาน นายรุณ สอนหลวย เป็นรองประธาน สนับสนุนโดยกรมการพัฒนาชุมชน กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม ในการจัดหาเครื่องมือและพัฒนารูปแบบผลิตภัณฑ์ที่ทันสมัย โดยมีกระบวนการผลิตดังนี้

2.8.1 วัตถุประสงค์และส่วนประกอบ

1. การตั้งโรงเรือน
2. การปั้นเตาตีมีด (เตาเผา)
3. การทำสูลม ปัจจุบันใช้เครื่องเป่าลมด้วยไฟฟ้า
4. จัดหาถ่านไม้และเหล็กเขียนถ่าน
5. เหล็กเหนยบรถยนต์เก่า โดยซื้อจากร้านขายเศษเหล็ก
6. อุปกรณ์ในการตีมีด เช่น ค้อนปอนด์เหล็ก คีมจับเหล็ก (คีมปากไก่, คีมปากเป็ด) ทั้งเหล็กสำหรับใช้รองเหล็กที่จะตีหรือตัด เหล็กสกัด/มีดฟันกลั่น (มีดตัดเหล็ก) สำหรับตัดเหล็กให้ได้ขนาดตามต้องการ ตะไบ เครื่องเจียรระไนไฟฟ้า เครื่องสูบลมไฟฟ้า อ่างน้ำหรือถังน้ำ ไม้สำหรับทำขอนทิ้งอห่างสำหรับลับคมมีด (ปัจจุบันใช้ปากกาจับเหล็กแทนเหล็กกลางสำหรับขุดมีดให้ขาวก่อนลงสไบ หรือใช้เครื่องเจียรระไนแต่งให้ขาวและละเอียดแทนแล้วลงตะไบ) ทั้งขอสำหรับเข้าด้ามมีด ไม้สำหรับทำด้ามมีด เช่น ไม้ไผ่บง ไม้ไผ่เลี้ยง ไม้เนื้อแข็งทั่วไป หินลับมีด เหล็กตอกกลวดลาย(ตุ้ดตุ้) อุปกรณ์ที่ใช้สามารถใช้เทคโนโลยีเข้ามาช่วยในการผลิต เช่น เครื่องตีมีด เครื่องเจียรระไน เครื่องขัดเครื่องเป่าลม

2.8.2 ขั้นตอนการผลิต

1. การเผาเหล็กให้ร้อน
2. การตัดและผ่าเหล็กให้ได้ขนาดตามต้องการ
3. การแบนหรือการตีห่าง (ขึ้นรูป) ใช้ทักษะสำคัญ
4. การทำบ้องเดือย (ด้ามเหล็ก)
5. การตีแต่งรูปร่าง
6. การตีนิ้วด การตะไบแต่ง
7. การชุบคม ถือเป็นขั้นตอนที่สำคัญยิ่งของการตีเหล็ก
8. การตกแต่งกลวดลายลงด้านบนของมีด

2.8.3 เทคนิค/เคล็ดลับในการผลิต

การชุบแข็ง เป็นการสร้างความแข็งแกร่งให้กับเนื้อเหล็ก ถือเป็นหัวใจสำคัญของการตีมีด การชุบแข็งเป็นศาสตร์อีกแขนงหนึ่งที่ต้องใช้ความชำนาญเป็นพิเศษ ใช้ทักษะสูง เป็นภูมิปัญญาที่ต้องเรียนรู้และฝึกปฏิบัติอย่างมีสติ มีความไวในด้านประสาทสัมผัส และช่างสังเกต แม้กระทั่งอุณหภูมิของน้ำ เนื้อเหล็ก คุณภาพถ่านที่นำมาเผา แคมองดูเหล็ก หรือเผาไฟให้สุกแล้วนำมาตีจะสามารถรู้ได้เลยว่าเหล็กนั้นมีความแข็งแกร่งมากน้อยเพียงใด (กลุ่มตีมีด, [ออนไลน์], <http://www.otoptoday.com>)



ภาพที่ 2-7 การตีมีดของบ้านใหม่ ตำบลตาลเดี่ยว อำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์
ที่มา (<http://www.otoptoday.com>, 18 มิถุนายน 2559)



ภาพที่ 2-8 ผลิตภัณฑ์มีดบ้านใหม่ ตำบลตาลเดี่ยว อำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์
ที่มา (<http://www.otoptoday.com>, 18 มิถุนายน 2559)

2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.9.1 ด้านสินค้าหนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์ในจังหวัดเพชรบูรณ์

ในปี 2550 ชนวนวรรณ ชมภู ได้ศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความต้องการซื้อสินค้าหนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์ในจังหวัดเพชรบูรณ์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ปัจจัยด้านอุปสงค์ที่มีอิทธิพลต่อความต้องการซื้อ และวิเคราะห์ปัจจัยด้านส่วนประสมการตลาดที่มีอิทธิพลต่อความต้องการซื้อผลิตภัณฑ์ของที่ระลึก (ตะเกียบหุ้มเงิน) ที่อำเภอวิเชียรบุรี จำนวน 100 คนและผลิตภัณฑ์ผ้าทอ อำเภอเมืองเพชรบูรณ์จำนวน 300 คนอำเภอเมือง การวิเคราะห์ข้อมูลโดยการวิเคราะห์เชิงพรรณนา และวิธีวิเคราะห์เส้นทางความสัมพันธ์ ใช้แบบสอบถาม ในเก็บรวบรวมข้อมูลที่สัมพันธ์กับความเที่ยงเท่ากับ 0.95 และทดสอบสมมติฐานโดยการวิเคราะห์ t - test ผลการวิจัยพบว่า ผลิตภัณฑ์ของที่ระลึกปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความต้องการซื้อผลิตภัณฑ์ของที่ระลึก ผลทางตรง ผลทางอ้อม และผลทั้งหมดของตัวแปรว่าปัจจัยด้านอุปสงค์ ได้แก่ ราคาสินค้า และรายได้เฉลี่ยเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลโดยตรงต่อความต้องการซื้อผลิตภัณฑ์ของที่ระลึก แต่ถ้าราคาเพิ่มขึ้น จะทำให้ซื้อสินค้าน้อยลง ส่วนด้านปัจจัยส่วนประสมการตลาดที่มีอิทธิพลต่อความต้องการซื้อผลิตภัณฑ์ของที่ระลึก ได้แก่ ปัจจัยด้านผลิตภัณฑ์ และปัจจัยด้านราคาซึ่งผลทั้งหมดส่งผลในทิศทางเดียวกันกับความต้องการซื้อผลิตภัณฑ์ของที่ระลึก ต่อมาใน 2551 ทิวา แก้วเสริม ได้ศึกษาวิจัยปัญหาและความต้องการการพัฒนาศักยภาพผู้ประกอบการผลิตภัณฑ์ชุมชนและท้องถิ่น (OTOP) จังหวัดเพชรบูรณ์ กลุ่มตัวอย่างจำนวน 93 คน จากผลการศึกษาพบว่าผู้ประกอบการส่วนใหญ่ต้องการคำแนะนำจากเจ้าหน้าที่หรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้องให้เข้ามาช่วยในการให้คำแนะนำในเรื่องการออกแบบและสร้างตราสินค้าให้เป็นที่รู้จักมากที่สุด ร้อยละ 48.67 รองลงมาคือเรื่องความต้องการสถานที่จำหน่ายผลิตภัณฑ์ ร้อยละ 26.54 การพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ๆ ให้มีความหลากหลาย ร้อยละ 13.27 และการจัดให้มีการวิจัยและพัฒนาสินค้าในกลุ่ม ร้อยละ 9.73 และต่อมาในปีเดียวกันดาวเด่น เพชรน้อย และคณะ ได้ศึกษาวิจัยองค์ประกอบที่มีผลต่อความตั้งใจซื้อสินค้าหนึ่งตำบล หนึ่งผลิตภัณฑ์ (ประเภทอาหาร) ของประชาชนในเขตจังหวัดหนองคาย กลุ่มตัวอย่างจำนวน 400 คน ผลการวิจัยพบว่า คุณลักษณะทางประชากรศาสตร์ด้านอายุและปัจจัยส่วนประสมการตลาดด้านผลิตภัณฑ์มีผลกระทบเชิงบวกต่อความตั้งใจซื้อสินค้าหนึ่งตำบล หนึ่งผลิตภัณฑ์ ประเภทอาหาร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยคุณลักษณะด้านเพศ การศึกษา รายได้ ช่องทางการจัดจำหน่าย การส่งเสริมการตลาด และคุณภาพการบริการของพนักงานขายไม่มีผลต่อความตั้งใจซื้อสินค้าหนึ่งตำบล หนึ่งผลิตภัณฑ์ ของประชาชนในเขตจังหวัดหนองคาย โดยเมื่อเรียงความแข็งแกร่งของผลกระทบของ

องค์ประกอบที่มีต่อความตั้งใจซื้อสินค้าหนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์ พบว่า ผลิตภัณฑ์เป็นองค์ประกอบที่มีความแข็งแกร่งของผลกระทบสูงสุด องค์ประกอบที่มีผลกระทบรองลงมาคือ อายุ

2.9.2 ด้านกระบวนการชุบโลหะด้วยไฟฟ้า

ในปี 2554 กนกวรรณ ใจหาญ และคณะ ได้ศึกษาการออกแบบและทำต้นแบบเครื่องประดับเงินชุบทองในระบบอุตสาหกรรม ผลการวิจัยพบว่า เครื่องประดับทองสุโขทัยส่วนใหญ่ใช้ตัวเรือนที่มีลายฉลุมากที่สุด มีการใช้ประจำ/ลูกอะไหล่ที่มีลวดลายเป็นส่วนประกอบมากกว่าแบบเกลี้ยง และนิยมเพิ่มสันให้แก่เครื่องประดับด้วยการลงยาสี มากกว่าการฝังพลอยและสีที่นิยมใช้มากที่สุดคือ สีแดง นอกจากนี้วัยรุ่นหรือเยาวชนยังมีความคิดเห็นต่อเครื่องประดับทองสุโขทัยด้านรูปแบบลวดลาย ประโยชน์ใช้สอยและการตัดสินใจซื้อ โดยรวมอยู่ในระดับน้อยส่วนรูปแบบที่เป็นที่นิยมมากที่สุดคือรูปแบบที่ 4 สร้อยคอห้วบัวไขว้ลายเครือวัลย์ และมีความต้องการให้การออกแบบเครื่องประดับทองสุโขทัยเป็นรูปแบบที่คงเอกลักษณ์เดิมไว้มากที่สุด ผลการวิเคราะห์ดังกล่าวจึงเป็นประเด็นสู่การนำมาออกแบบทองเครื่องประดับทองสุโขทัยสำหรับวัยรุ่นและเยาวชนและจากการสอบถามความเห็นของกลุ่มตัวอย่างต่อรูปแบบการออกแบบเครื่องประดับทองสุโขทัยสำหรับวัยรุ่นและเยาวชน จำนวน 10 รูปแบบ พบว่ารูปแบบการออกแบบเครื่องประดับทองสุโขทัยสำหรับวัยรุ่นและเยาวชนที่ได้รับความนิยมมากที่สุดคือ รูปแบบที่ 7 เป็นเครื่องประดับประเภทสร้อยประดับจี้ลายเครือวัลย์ที่มีประโยชน์ใช้สอยมากกว่า 1 รูปแบบ นำมาเป็นผลิตต้นแบบเครื่องประดับเงินชุบทองในระบบอุตสาหกรรม แล้วประเมินต้นแบบโดยผู้ทรงคุณวุฒิเพื่อนำผลการวิเคราะห์มาพัฒนาต้นแบบที่คงเอกลักษณ์ทองสุโขทัย โดยเพิ่มการลงยาสีแดงที่ตัวเรือนและปรับให้สามารถเปลี่ยนตัวเรือนของสร้อยคอให้มีลักษณะที่เป็นโลหะเงินชุบทองเพื่อเพิ่มทางเลือกแก่ผู้บริโภค (กนกวรรณ ใจหาญ และคณะ, 2554)

ในปี 2552 สนิททองมี และคณะ ได้ศึกษาการปรับปรุงกระบวนการชุบผิวด้วยไฟฟ้าของชิ้นส่วนประกอบอิเล็กทรอนิกส์ โดยการออกแบบการทดลองแบบพินผิวผลตอบได้ถูกนำมาใช้ในการวิเคราะห์หาสภาวะที่เหมาะสม จากผลการทดลองพบว่า สภาวะที่เหมาะสมในการขัดเตรียมผิว คือ ปริมาณวัสดุขัด 2.5 ลิตรปริมาณน้ำยาขัด 300 มิลลิลิตร, เวลาขัดชิ้นงานด้วยน้ำยาขัด 2 ชั่วโมงและเวลาดำชิ้นงาน 20 นาที และสภาวะที่เหมาะสมในการชุบนิเกิล คือ ความเข้มข้นของนิเกิลซัลเฟตในน้ำยาชุบนิเกิล 270 กรัม/ลิตร, ค่า pH ของน้ำยาชุบนิเกิล 4.3 , กระแสไฟฟ้า 20 แอมแปร์ และเวลาในการชุบ

60 นาที และสภาวะที่เหมาะสมในการชุบทอง คือ ความเข้มข้นของทอง 2.0 กรัม/ลิตร ในน้ำยาชุบทอง , ค่า pH ของน้ำยาชุบทอง 4.0, กระแสไฟฟ้า 7 แอมแปร์ และเวลาในการชุบ 24 นาที หลังจากการปรับปรุงกระบวนการชุบผิวและชุบผิวด้วยไฟฟ้าแล้ว พบว่า ไม่มีชิ้นงานที่ต้องนำกลับมาซ่อมอีก และสมการความสัมพันธ์ที่ได้จากการทดลองนี้ ใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงกระบวนการชุบต่อไปได้ โดยใช้กำหนดค่าของปัจจัยต่างๆของกระบวนการชุบจากสมการความสัมพันธ์นี้ เพื่อควบคุมความหนาของนิเกิลและทองให้ได้ตามเป้าหมายที่กำหนด

ในปี 2550 จันทรเพ็ญ อนุรักษ์นันท์ ได้ศึกษาการศึกษาประสิทธิภาพของกระแสไฟฟ้าในการชุบทองบนเครื่องประดับแหวนทองเหลือง งานชุบทองเป็นอุตสาหกรรมผลิตเครื่องประดับชนิดหนึ่ง ซึ่งปัจจุบันมีผู้สนใจหันมาใช้เครื่องประดับประเภทนี้กันมาก แต่เทคนิคและความรู้เข้าใจในงานชุบทองยังไม่เป็นที่เปิดเผย เป็นความลับของแต่ละโรงงาน ดังนั้น งานวิจัยนี้เป็นการริเริ่มนำงานชุบทองมาศึกษา คือการศึกษาประสิทธิภาพของกระแสไฟฟ้าในการชุบทองบนเครื่องประดับแหวนทองเหลือง โดยทำการทดลองบนแหวนทองเหลือง 4 แบบ และใช้ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าในขั้นตอนการชุบทอง 5 ค่า คือ 1, 2, 3, และ 5 แอมแปร์/ตารางเซนติเมตร พบว่าได้ผลเหมือนกัน คือ ที่ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้า 1 แอมแปร์/ตารางเซนติเมตร มีประสิทธิภาพของกระแสไฟฟ้าที่สุด ที่ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้า 2, 3, 4 และ 5 แอมแปร์/ตารางเซนติเมตร ที่ประสิทธิภาพของกระแสไฟฟ้าลดลงตามลำดับ เมื่อนำความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าและประสิทธิภาพของกระแสไฟฟ้ามาสร้างเป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพของกระแสไฟฟ้ากับความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้า พบว่า แหวนแบบที่ 1 และแหวนแบบที่ 2 ได้กราฟที่เหมาะสมคือกราฟที่มีการแจกแจงแบบโพลีโนเมียล และแหวนแบบที่ 3 และแหวนแบบที่ 4 ได้กราฟที่เหมาะสมคือกราฟที่มีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล และลอกกาติทิม จากกราฟทั้ง 4 แบบแสดงให้เห็นว่า การใช้ค่าความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าต่ำ จะให้ประสิทธิภาพของกระแสไฟฟ้าสูงกว่าการใช้ค่าความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าสูง (จันทรเพ็ญ, 2550)

ในปี 2547 สุจิน มาลานุสรณ์ ได้ศึกษาการหาปัจจัยที่มีผลต่อความหนาของผิวชุบทองเฉพาะส่วนเพื่อเพิ่มผลผลิตของการชุบแบบความเร็วสูงการวิจัยครั้งนี้ได้ใช้หลักการของการออกแบบการทดลองมาทำการทดลอง เพื่อศึกษาถึงปัจจัย 4 ปัจจัย คือ ความเร็วในการเคลื่อนที่ของชิ้นงาน ความลึก

ของชิ้นงาน ความหนาแน่นกระแสไฟฟ้า และอุณหภูมิของน้ำยาชุบทอง โดยทำการทดสอบความหนาของผิวชุบทอง เพื่อที่จะวิเคราะห์ว่าปัจจัยใดบ้างที่มีผลอย่างน้อยสำคัญต่อความหนาของผิวชุบทอง เฉพาะแบบจุ่ม จากการทดลองพบว่า ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความหนาของผิวชุบทองเฉพาะส่วน คือ ความเร็วในการเคลื่อนที่ของชิ้นงาน ความหนาแน่นกระแสไฟฟ้า และอุณหภูมิของน้ำยาชุบทอง การศึกษาครั้งนี้สรุปเงื่อนไขที่เหมาะสมที่ทำให้ความเร็วในการเคลื่อนที่ของชิ้นงานที่มีค่าสูงสุด โดยที่ยังคงรักษาความหนาของผิวชุบทองได้ตามเป้าหมายที่ระบุไว้ในข้อกำหนด การชุบของคอนแทค RTB-PIL-100 ได้ดังนี้ อุณหภูมิของน้ำยาชุบทอง 60 องศาเซลเซียส ความหนาแน่นกระแสไฟฟ้า 7 แอมแปร์ ต่อตารางเดซิเมตรและความเร็วในการเคลื่อนที่ของชิ้นงาน 1.5 เมตรต่อนาที

ในปี 2553 ปริญญา ศรีสัตยกุล ได้ศึกษาเกี่ยวกับการออกแบบและสร้างเครื่องเคลือบสี อลูมิเนียมโดยวิธีการอโนไดซ์ โดยมีกระบวนการทำงานหลักๆ อยู่ 4 ส่วน ได้แก่ ฐานเครื่อง บ่อเคลือบสี ระบายน้ำชิ้นงาน และระบบไฟฟ้าควบคุมการทำงานเครื่องเคลือบสีอลูมิเนียมด้วยการทำอโนไดซ์มีขั้นตอนการทำ 6 ขั้นตอน คือ บ่อที่ 1 จะทำการล้างไขมันที่ผิวชิ้นงานด้วยโซเดียมฟอสเฟต บ่อที่ 2 จะเป็นการล้างน้ำสะอาด บ่อที่ 3 เป็นการทำอโนไดซ์ใช้สารละลายซัลฟิวริก บ่อที่ 4 เป็นการล้างกรดซัลฟิวริก บ่อที่ 5 เป็นกระบวนการเคลือบสีอลูมิเนียม และบ่อที่ 6 เป็นการทำความสะอาดชิ้นงาน โดยกระบวนการทำงานอัตโนมัติทั้งหมดจะถูกควบคุมการทำงานด้วยระบบ PLC ส่งผลให้ประสิทธิภาพของกระบวนการเคลือบสีอลูมิเนียมด้วยวิธีการอโนไดซ์เพิ่มมากขึ้นเมื่อเทียบกับการทำงานโดยใช้แรงงานคน

ในปี 2553 สิทธิพร อารักษ์วรกุล ได้ศึกษาเกี่ยวกับกระบวนการอโนไดซ์พิกัดน้ำตาล พบว่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของพิกัดน้ำตาลก่อนกระบวนการอโนไดซ์จะอยู่ในช่วงระหว่าง 22.893 ถึง 22.913 มิลลิเมตร ส่งผลให้การกำหนดสถานะของกระบวนการดังกล่าว เพื่อให้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ได้หลังจากกระบวนการเท่ากับ 22.918 มิลลิเมตร ตามที่โรงงานกำหนดเป็นไปได้ยาก จากข้อมูลปัจจุบันพบว่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ได้จากหลังกระบวนการอโนไดซ์มีค่าเฉลี่ยที่ 22.911 มิลลิเมตร ซึ่งต่ำกว่าที่กำหนดไว้ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ที่จะศึกษาถึงการกำหนดสถานะการทำงานของกระบวนการอโนไดซ์ที่เหมาะสมกับเส้นผ่านศูนย์กลางก่อนกระบวนการ เพื่อจะทำให้เส้นผ่าน

ศูนย์กลางที่ได้หลังจากกระบวนการเท่ากับขนาดที่กำหนดไว้ ผู้วิจัยใช้วิธีการออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียล จากผลการทดลองทำให้สามารถกำหนดสภาวะที่ทำให้เส้นผ่านศูนย์กลางเพิ่มขึ้นตามที่ต้องการได้ เช่น ถ้าต้องการให้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพิ่มขึ้น 15 ไมครอน จะต้องกำหนดระดับความหนาแน่นกระแสไฟฟ้า 1.72 แอมแปร์ต่อชิ้นงาน ระยะเวลาการทำโนโดซ์ 19 นาที และความเข้มข้นสารอิเล็กโตรไลต์ 226 ต่อลิตร จากการทดลองใช้งานจริงพบว่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของพิสตันวาล์วที่ได้จากหลังกระบวนการโนโดซ์มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 22.917 มิลลิเมตร ส่งผลให้เส้นผ่านศูนย์กลางที่ได้ไม่แตกต่างจากขนาดที่เส้นผ่านศูนย์กลางที่โรงงานกำหนด

2.9.3 ด้านเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

ในปี 2555 อรรถกร เก่งพล ได้ศึกษาได้ศึกษาความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมในการลงทุนผลิตตะขอกึ่งของบริเวณหัวหมอนของเบาะหน้ารถยนต์ เพื่อลดค่าใช้จ่ายลง เนื่องจากต้องการเพิ่มการแข่งขันทางด้านตลาดกับบริษัทคู่แข่ง จากการศึกษาค่าใช้จ่ายในการลงทุนผลิตตะขอกึ่งของบริเวณหัวหมอนของเบาะหน้ารถยนต์ที่ประเทศไทยสามารถสรุปได้ว่ามีความคุ้มค่าในการลงทุนเพราะเมื่อเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายกับการซื้อจากประเทศสหพันธ์ประเทศสหพันธ์สาธารณรัฐเยอรมนี จะพบว่าได้ค่ามูลค่าปัจจุบัน (Present Worth) ของการซื้อจากประเทศสหพันธ์สาธารณรัฐเยอรมนีจะมากกว่าการลงทุนผลิตเองในประเทศไทยเท่ากับ 876,761.70 บาท และอัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) มีค่า 38.34 เปอร์เซ็นต์ ต่อปี ซึ่งมากกว่าอัตราดอกเบี้ยผลตอบแทนต่ำสุด (MARR) 12 เปอร์เซ็นต์ ต่อปี ทำให้ต้นทุนต่อชิ้นลดลงจาก 32.45 บาทต่อชิ้น เหลือ 28.97 บาทต่อชิ้น จากการวิเคราะห์ความไวพบว่าการลงทุนผลิตในประเทศไทยจะไม่ควรลงทุนเมื่อเกิดเหตุการณ์ 3 กรณีดังต่อไปนี้ ต้นทุนวัตถุดิบเพิ่มขึ้น 30 เปอร์เซ็นต์ ยอดการสั่งผลิตลดลง 25 เปอร์เซ็นต์ พร้อมกับต้นทุนแม่พิมพ์ลดลง 20 เปอร์เซ็นต์พร้อมกับต้นทุนวัตถุดิบเพิ่มขึ้น 30 เปอร์เซ็นต์ และยอดการสั่งผลิตลดลง 50 เปอร์เซ็นต์ พร้อมกับต้นทุนแม่พิมพ์เพิ่มขึ้น 10 เปอร์เซ็นต์

ในปี 2553 พิเชษฐ สุดาวรรณศักดิ์ ได้ศึกษาเชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมเพื่อการตัดสินใจลงทุนผลิตแผงวงจรไฟฟ้าชนิดสองหน้า แบบเพลททริโวล กรณีศึกษา ห้างหุ้นส่วนจำกัดคอนโทรลเลอร์รีเสิร์ชเป็นโรงงานผลิตแผงวงจรไฟฟ้าชนิดหน้าเดียวและสองหน้า แต่ความ ต้องการชนิดสองหน้าเพลททริโวลมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นต้องทำการจ้างผลิต จึงได้ทำการศึกษา ผลตอบแทนของการลงทุน ในการซื้อเครื่องจักรมาทำการผลิตแผงวงจรไฟฟ้าชนิดสองหน้าแบบ เพลททริโวลเอง ซึ่งมีความเชี่ยวชาญในกระบวนการผลิตอยู่แล้ว จากการรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องเพื่อนำมาทำการศึกษาวิจัย โดยใช้ทฤษฎีทางด้านเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม คำนวณ ค่าอัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return : IRR) และระยะเวลาคืนทุน (Payback Period : PB) เพื่อเปรียบเทียบกับค่าอัตราผลตอบแทนต่ำสุด (Minimum Attractive Rate of Return : MARR) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 11.50% โดยมีระยะเวลาดำเนินการ 5 ปี ผลการศึกษาวิจัย พบว่า ค่าอัตราผลตอบแทนภายในมีค่าเท่ากับ 5.48% ระยะเวลาคืนทุนเท่ากับ 4.18 ปี จึง สรุปว่าโครงการนี้ไม่น่าลงทุน เนื่องจากค่าอัตราผลตอบแทนภายในมีค่าน้อยกว่าค่าอัตราผลตอบแทนต่ำสุดและในปี 2553 เสาวนีย์ จันทร์เหนือ ได้ทำการศึกษาความเป็นไปได้เชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม เพื่อเป็นแนวทาง ในการตัดสินใจลงทุนในเครื่องจักร และย้ายกระบวนการประกอบชุดอุปกรณ์ช่วยในการขับขี (Cruise Control) ซึ่งในปัจจุบันบริษัทตัวอย่างได้ดำเนินการประกอบที่บริษัทผู้ส่งมอบ รายหนึ่ง ในประเทศออสเตรเลีย โดยข้อมูลในปี พ.ศ.2552 มีค่าใช้จ่ายในการดำเนินการสูงถึง 20,094,228 บาทต่อปี จึงมีแนวความคิดที่จะลดค่าใช้จ่ายในส่วนนี้ลง โดยย้ายกระบวนการ ประกอบดังกล่าวมาที่บริษัทผู้ส่งมอบรายหนึ่งในประเทศไทยซึ่งถูกควบคุมดูแลโดยบริษัท ตัวอย่างในประเทศไทย จากการศึกษาความเป็นไปได้ในการย้ายกระบวนการพบว่า มูลค่า เทียบเท่าประจำงวด (เดือน) = 237,353 บาทต่อเดือน ภายใต้ผลตอบแทนต่ำสุดที่ยอมรับได้ (MARR) = 3.4% ต่อปี, ระยะเวลาคืนทุน = 5 เดือน และ อัตราผลตอบแทนภายในเท่ากับ 8.3% ต่อเดือน แสดงว่ามีความเป็นไปได้ในการย้ายกระบวนการ และเมื่อศึกษาความไว (มูลค่า เทียบเท่าประจำงวด (เดือน) โดยให้จำนวนรถที่เข้ารับการติดตั้งเปลี่ยนแปลงไป คือลดลง หรือ เพิ่มมากขึ้น เป็น 10%, 20% และ 30% พบว่าเมื่อจำนวนรถที่เข้ารับการประกอบเปลี่ยนแปลง ไปคือ ลดลง 23 % จะมีผลกระทบต่อการศึกษาตัดสินใจ นั่นคือโครงการจะไม่น่าลงทุน แต่หาก ระยะเวลาดำเนินการเพิ่มมากขึ้น คือมากกว่า 1 ปี ถึงแม้จำนวนรถลดลง 50 % โครงการนี้

ยังคงนำลงทุนภายใต้ผลตอบแทนต่ำสุดที่ยอมรับได้ (MARR) = 3.4% ต่อปี นอกจากนี้จากการวิเคราะห์ ข้อบกพร่องและผลกระทบ พบว่าความเสี่ยงเชิงวิศวกรรมอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

วิธีการดำเนินงานวิจัยถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วน โดยส่วนแรกจะกล่าวถึงการหาปัจจัยที่เหมาะสมในกระบวนการชุบทอง 24k สำหรับมีดของที่ระลึก ผลิตภัณฑ์ OTOP กลุ่มตีมีดบ้านใหม่ ต.ตาลเดี่ยว อ.หล่มสัก จ.เพชรบูรณ์ ปัจจัยที่เหมาะสมในกระบวนการชุบอโนไดซ์ สำหรับมะขามโลหะ ผลิตภัณฑ์ OTOP กลุ่มสตรีกำหน้ำ ต.สักหลง อ.หล่มสัก จ.เพชรบูรณ์ ส่วนที่สองคือถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชนและประเมินประสิทธิภาพการชุบด้วยแบบสอบถาม

3.1 การออกแบบและสร้างอุปกรณ์ชุบอโนไดซ์

ชุดอุปกรณ์และสารเคมี มีดังต่อไปนี้

1. อลูมิเนียมบีมขึ้นรูปเป็นพวงกุญแจรูปฝักมะขาม เกรด 1100 ซึ่งเป็นวัสดุที่ใช้ในการชุบอโนไดซ์ด้วยไฟฟ้า



ภาพที่ 3-1 วัสดุพวงกุญแจอะลูมิเนียมฝักมะขาม เกรด 1100

2. ปากคิบบสายไฟ ทำหน้าที่เอาไว้คิบบลวดอลูมิเนียมที่มัดติดกับชิ้นงานที่จะนำไปแขวนกับแท่งอลูมิเนียมที่เป็นสะพานไฟฟ้าให้แน่น เมื่อปลั๊กกระแสไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าจะวิ่งเข้าหาชิ้นงานได้เต็มที่

3. ลวดอลูมิเนียม ทำหน้าที่เอาไว้ผูกติดกับชิ้นงานเพื่อนำไปแขวนบนแท่งอลูมิเนียมในบ่ออโนไดซ์ เพราะลวดอลูมิเนียมจะส่งกระแสไฟฟ้าให้กับชิ้นงานที่ผูกไว้ได้เป็นอย่างดี

4. แท่งอลูมิเนียม ทำหน้าที่เป็นที่แขวนชิ้นงานและเป็นสะพานนำไฟฟ้าไปยังชิ้นงานที่ถูกแขวนลอยอยู่ในบ่อไอโซล

5. แผ่นตะกั่วบริสุทธิ์ ทำหน้าที่เป็นสารเคลือบบนผิวชิ้นงาน เมื่อเริ่มจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าสู่บ่อไอโซล

6. ภาชนะพลาสติก มีหน้าที่เอาไว้เป็นบ่อสารเคมีต่างๆ ในการทำไอโซล

7. เทอร์โมมิเตอร์ มีหน้าที่เอาไว้วัดอุณหภูมิในบ่อขณะทำการไอโซล

8. บีกเกอร์ หน้าที่เอาไว้วัดวงสารเคมีในการทำ ไอโซล

9. เครื่องชั่งสาร (มีหน่วยเป็นกรัม) มีหน้าที่เอาไว้ชั่งสารเคมีที่ทำการไอโซล ชั่งได้มากที่สุด 20 กิโลกรัม

10. หม้อแปลงไฟฟ้า มีหน้าที่เพื่อปรับเปลี่ยนระดับไฟฟ้าในการทำงานได้ หม้อแปลงไฟที่ใช้ในการชุบไอโซล จะบอกโวลต์ ต่อ แอมป์ หม้อแปลงไฟที่ใช้ในการชุบไอโซล จะมีความต่างศักย์สูงสุดถึง 20 โวลต์ แอมป์จะสูงสุดถึง 40 แอมป์

11. หม้อต้มไฟฟ้า มีหน้าที่เอาไว้ต้มน้ำ เพื่อปิดท่อที่เกิดจากการไอโซล

12. สี มีหน้าที่เอาไว้ชุบชิ้นงานเพื่อเพิ่มความสวยงามให้กับชิ้นงาน

13. โซดาไฟ มีหน้าที่ขจัดสิ่งสกปรกที่อยู่บนชิ้นงาน ที่เราไม่สามารถล้างออกด้วยน้ำยาล้างงานได้

14. กรดไนตริก มีหน้าที่ล้างคราบดำที่เกิดจากโซดาไฟ มีความเข้มข้น 69-70 เปอร์เซ็นต์

15. กรดซัลฟิวริก มีหน้าที่เป็นสารละลายอิเล็กโทรไลต์ มีความเข้มข้นมากกว่า 95 เปอร์เซ็นต์

16. น้ำเปล่า ทำหน้าที่ชำระล้างชิ้นงานให้สะอาดก่อนจะนำไปแช่ในบ่อสารเคมีอื่น

17. น้ำยาล้างงาน ทำหน้าที่ล้างสิ่งสกปรกและคราบน้ำมันที่เกิดจากการป้อนชิ้นรูป

3.2 ขั้นตอนการทำไอโซล

3.2.1 การเตรียมน้ำยาไอโซล

1. น้ำยาที่ใช้สำหรับการชุบไอโซล สำหรับอลูมิเนียม คือ กรดซัลฟิวริก (กรดกำมะถัน) H_2SO_4 (18mol/dm³ ขึ้นไป)

2. การผสมให้เตรียมน้ำไว้ก่อนประมาณ 3-5 ลิตร (แล้วแต่ขนาดบ่อและลักษณะชิ้นงาน) แล้วค่อยๆ รินกรดซัลฟิวริกลงไป ประมาณกรดซัลฟิวริกที่จะเทให้ใช้ 100 ซีซีต่อน้ำ 1 ลิตร ห้ามที่น้ำผสมลงกับกรดซัลฟิวริกโดยเด็ดขาด เพราะอาจจะทำให้ระเบิดใส่หน้าได้

3. เมื่อเทกรดเรียบร้อยแล้ว ต้องทิ้งให้ส่วนผสมเย็นตัวลงก่อน เพราะตอนที่เทกรดลงไป น้ำมันจะร้อน ถ้าหากเราทำการชูปโนไลซ์ตอนที่น้ำยาร้อนอยู่ ท่อรูพรุนเล็กๆ ที่ผิวอลูมิเนียมจะปิด ทำให้ไม่สามารถชูปสีได้

3.2.2 การเตรียมผิวอลูมิเนียม

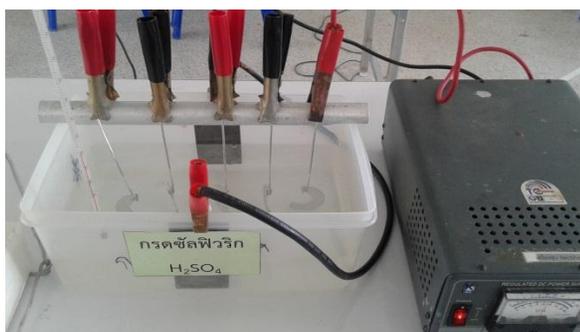
1. นำชิ้นงานอลูมิเนียมที่ต้องการชูปอดโนไลซ์มาล้างคราบไขมันออก โดยวิธีง่ายๆ คือ นำชิ้นงานมาล้างด้วยน้ำยาล้างจานหรือผงซักฟอกก็ได้

2. แล้วนำชิ้นงานไปล้างน้ำเปล่าให้สะอาด (เมื่อล้างน้ำเปล่าสะอาดแล้วห้ามจับชิ้นงานเด็ดขาด เพราะมืออาจมีเหงื่อทำให้เกิดเป็นคราบมันได้อีก) แล้วนำชิ้นไปจุ่มแช่ในโซดาไฟประมาณ 1 นาที (Sodium Hydroxide Na OH) (ใช้โซดาไฟ 50 กรัมต่อน้ำ 1 ลิตร)

3. เมื่อแช่ในบ่อโซดาไฟเสร็จแล้ว ให้นำชิ้นงานไปล้างด้วยน้ำสะอาด (ถ้ามีคราบดำเกิดขึ้น แสดงว่า โซดาไฟเก่า ควรเปลี่ยนใหม่)

3.2.3 ขั้นตอนการชูปโนไลซ์

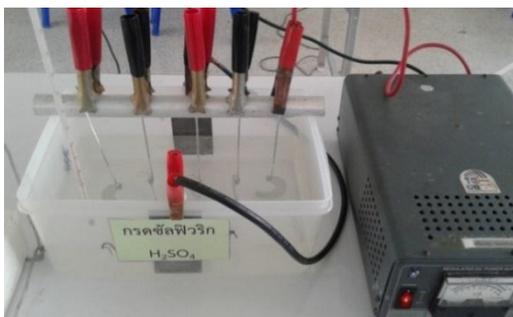
1. ต่อสายไฟขั้วบวกจากเครื่องไฟฟ้ากระแสตรงเข้ากับชิ้นงานที่เราจะชูปและขั้วลบเข้ากับแผ่นตะกั่วบริสุทธิ์



ภาพที่ 3-2 การต่อวงจร

2. ในถังชูป ส่วนที่สามารถชูปแช่ในกรดได้ จะต้องเป็นอลูมิเนียมเท่านั้น
3. จุดที่เส้นลวดอลูมิเนียมต่อเข้ากับชิ้นงาน จะเป็นจุดที่ไม่ถูกอโนไลซ์ และไม่สามารถชูปสีได้ เลือกลงเอาจุดที่เป็นรูหรือจุดที่ซ่อนไว้
4. ไม่ควรใช้กระแสไฟฟ้าแรงเกินไป เพราะน้ำยาจะร้อนและท่อเล็กๆ จะปิดทำให้ชูปสีไม่ได้
5. ขณะชูปจะมีกลิ่นฉุนเกิดขึ้น เป็นอันตรายหากสูดดม ควรทำในที่โล่ง

6. การชุบที่ดีขึ้นงานควรแขวนลอยอยู่ระหว่างแผ่นอลูมิเนียมบริสุทธิ์ (ขั้วลบควรมีสองขั้ว ขนานขึ้นงานขั้วบวกซึ่งแขวนอยู่ตรงกลาง)



ภาพที่ 3-3 การชุบอโนไดซ์

7. ระยะเวลาและกระแสไฟฟ้าที่เหมาะสมในการทำอโนไดซ์อลูมิเนียมเกรด 1100 พวง กุญแจรูปฝักมะขามอยู่ที่ความต่างศักย์ไฟฟ้า 12 โวลต์ 20 นาที

8. อุณหภูมิของน้ำยาชุบต้องให้อยู่ที่ประมาณ 31-33 องศาเซลเซียส

3.4.4 ขั้นตอนการชุบสี

1. สีที่ใช้สามารถใช้สีที่ใช้สำหรับชุบอลูมิเนียมอโนไดซ์โดยตรงหรือใช้สีหมึกเติม เครื่องพิมพ์ก็ได้

2. เมื่อทำการอโนไดซ์เสร็จสิ้นแล้วก็นำชิ้นงานไปล้างน้ำเปล่าที่ไหลตลอดให้สะอาด

3. จากนั้นนำชิ้นงานมาจุ่มแช่สีที่เตรียมไว้ (พยายามอย่าให้ชิ้นงานชนกัน เพราะตรงที่ ชิ้นงานชนกันอาจไม่ติดสีและเป็นรอยต่าง) ทิ้งไว้ประมาณ 10-15 นาที



ภาพที่ 3-4 การจุ่มแช่สี

4. เมื่อแช่สีเสร็จแล้วนำชิ้นงานไปล้างน้ำให้สะอาด แล้วทิ้งไว้จนชิ้นงานแห้ง



ภาพที่ 3-5 ชิ้นงานที่ได้จากการชุบสีเสร็จแล้ว

5. แล้วนำชิ้นงานไปต้มในน้ำที่เดือดประมาณ 90-95 องศาเซลเซียส ประมาณ 5-10 นาที เพื่อปิดท่อไอโคซ์



ภาพที่ 3-6 นำชิ้นงานมาต้ม

3.3 การทดลองเพื่อหาปัจจัยที่เหมาะสมในการชุบไอโคซ์

3.3.1 การหาประสิทธิภาพของชิ้นงานที่ผ่านการชุบไอโคซ์

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการชุบเคลือบผิวอลูมิเนียมผงกฤษเจอร์รูปฝักมะขามด้วยการทำไอโคซ์ ได้แก่ ความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ใช้ คือ 10 , 12 และ 14 โวลต์ และระยะเวลาในการชุบ คือ 20 , 30 และ 40 นาที ดังตารางที่ 3.3 ต่อไปนี้

ตารางที่ 3-1 ตารางบันทึกภาพที่ได้จากการทดลอง

ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า (โวลต์)	เวลา (นาที)	รูปภาพ
10 โวลต์	20 นาที	
	30 นาที	

* ผลลัพธ์ที่มีลักษณะทางกายภาพที่ดี คือเงางาม มีการชุบติดสีทั่วชิ้นงานและสม่ำเสมอ ไม่เกิดรอยไหม้

3.3.2 การทดลองเพื่อประเมินความพึงพอใจของผลิตภัณฑ์

จากที่ผู้วิจัยได้ทำการทดลองเพื่อประเมินความพึงพอใจของผลิตภัณฑ์ เพื่อหาปัจจัยที่เหมาะสมในการชุบเคลือบผิวอลูมิเนียมพวงกุญแจรูปฝักมะขาม ด้วยวิธีการทำโน้ดซ์ สำหรับผลิตภัณฑ์ OTOP กลุ่มสตรีก้าวหน้าสาส์กหลง ตำบลสะกหลง อำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์ ได้ศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องทั้งหมด 2 ปัจจัย ได้แก่ ความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ใช้และระยะเวลาที่ใช้ในการชุบ โดยใช้ความต่างศักย์ไฟฟ้าทั้งหมด 3 ช่วง คือ 10 ,12 และ 14 โวลต์ และใช้ระยะเวลาในการชุบทั้งหมด 3 ช่วง คือ 20 ,30 และ 40 นาที ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ทำการทดลองเพื่อประเมินความพึงพอใจของผลิตภัณฑ์ทั้งหมด 2 ด้าน คือ ด้านลักษณะทางกายภาพและด้านความพึงพอใจของผลิตภัณฑ์ มีดังต่อไปนี้

ตารางที่ 3-2 ตารางประเมินความพึงพอใจของผลิตภัณฑ์ทั้งหมด 2 ด้าน คือ ด้านลักษณะทางกายภาพ และด้านความพึงพอใจของผลิตภัณฑ์

รายการประเมิน	ระดับความพึงพอใจ				
	5	4	3	2	1
ด้านลักษณะทางกายภาพ					
1. ท่านมีความคิดเห็นกับผลิตภัณฑ์ที่มีการชุบเคลือบผิวด้วยค่าความต่างศักย์ทางไฟฟ้า 10 โวลต์ ใช้เวลาในการชุบ 20 นาที ผิวเคลือบชิ้นงานมีความเงางาม ไม่เกิดรอยไหม้ ไม่มีรอยด่างดำ สีที่เคลือบไม่หลุดลอก สีที่เคลือบติดสม่ำเสมอทั้งชิ้นงาน และทนต่อรอยขีดข่วน					
2. ท่านมีความคิดเห็นกับผลิตภัณฑ์ที่มีการชุบเคลือบผิวด้วยค่าความต่างศักย์ทางไฟฟ้า 10 โวลต์ ใช้เวลาในการชุบ 30 นาที ผิวเคลือบชิ้นงานมีความเงางาม ไม่เกิดรอยไหม้ ไม่มีรอยด่างดำ สีที่เคลือบไม่หลุดลอก สีที่เคลือบติดสม่ำเสมอทั้งชิ้นงาน และทนต่อรอยขีดข่วน					
3. ท่านมีความคิดเห็นกับผลิตภัณฑ์ที่มีการชุบเคลือบผิวด้วยค่าความต่างศักย์ทางไฟฟ้า 10 โวลต์ ใช้เวลาในการชุบ 40 นาที ผิวเคลือบชิ้นงานมีความเงางาม ไม่เกิดรอยไหม้ ไม่มีรอยด่างดำ สีที่เคลือบไม่หลุดลอก สีที่เคลือบติดสม่ำเสมอทั้งชิ้นงาน และทนต่อรอยขีดข่วน					
4. ท่านมีความคิดเห็นกับผลิตภัณฑ์ที่มีการชุบเคลือบผิวด้วยค่าความต่างศักย์ทางไฟฟ้า 12 โวลต์ ใช้เวลาในการชุบ 20 นาที ผิวเคลือบชิ้นงานมีความเงางาม ไม่เกิดรอยไหม้ ไม่มีรอยด่างดำ สีที่เคลือบไม่หลุดลอก สีที่เคลือบติดสม่ำเสมอทั้งชิ้นงาน และทนต่อรอยขีดข่วน					

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น				
	5	4	3	2	1
5. ท่านมีความคิดเห็นกับผลิตภัณฑ์ที่มีการชุบเคลือบผิวด้วยค่าความต่างศักย์ทางไฟฟ้า 12 โวลต์ ใช้เวลาในการชุบ 30 นาที ผิวเคลือบชิ้นงานมีความเงางาม ไม่เกิดรอยไหม้ ไม่มีรอยด่างดำ สีที่เคลือบไม่หลุดลอก สีที่เคลือบติดสม่ำเสมอทั้งชิ้นงาน และทนต่อรอยขีดข่วน					
6. ท่านมีความคิดเห็นกับผลิตภัณฑ์ที่มีการชุบเคลือบผิวด้วยค่าความต่างศักย์ทางไฟฟ้า 12 โวลต์ ใช้เวลาในการชุบ 40 นาที ผิวเคลือบชิ้นงานมีความเงางาม ไม่เกิดรอยไหม้ ไม่มีรอยด่างดำ สีที่เคลือบไม่หลุดลอก สีที่เคลือบติดสม่ำเสมอทั้งชิ้นงาน และทนต่อรอยขีดข่วน					
7. ท่านมีความคิดเห็นกับผลิตภัณฑ์ที่มีการชุบเคลือบผิวด้วยค่าความต่างศักย์ทางไฟฟ้า 14 โวลต์ ใช้เวลาในการชุบ 20 นาที ผิวเคลือบชิ้นงานมีความเงางาม ไม่เกิดรอยไหม้ ไม่มีรอยด่างดำ สีที่เคลือบไม่หลุดลอก สีที่เคลือบติดสม่ำเสมอทั้งชิ้นงาน และทนต่อรอยขีดข่วน					
8. ท่านมีความคิดเห็นกับผลิตภัณฑ์ที่มีการชุบเคลือบผิวด้วยค่าความต่างศักย์ทางไฟฟ้า 14 โวลต์ ใช้เวลาในการชุบ 30 นาที ผิวเคลือบชิ้นงานมีความเงางาม ไม่เกิดรอยไหม้ ไม่มีรอยด่างดำ สีที่เคลือบไม่หลุดลอก สีที่เคลือบติดสม่ำเสมอทั้งชิ้นงาน และทนต่อรอยขีดข่วน					
9. ท่านมีความคิดเห็นกับผลิตภัณฑ์ที่มีการชุบเคลือบผิวด้วยค่าความต่างศักย์ทางไฟฟ้า 14 โวลต์ ใช้เวลาในการชุบ 40 นาที ผิวเคลือบชิ้นงานมีความเงางาม ไม่เกิดรอยไหม้ ไม่มีรอยด่างดำ สีที่เคลือบไม่หลุดลอก สีที่เคลือบติดสม่ำเสมอทั้งชิ้นงาน และทนต่อรอยขีดข่วน					

ด้านความพึงพอใจของผลิตภัณฑ์					
1. ความพึงพอใจต่อรูปร่างของผลิตภัณฑ์					
2. ชื่นนี้สื่อถึงผลิตภัณฑ์ OTOP กลุ่มสตรีก้าวหน้าสักหลง ตำบลสักหลง อำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์					
3. ชื่นงานมีสีสันสวยงามสีสุกใส น่าประทับใจเมื่อได้พบเห็น					
4. ชื่นงานที่เคลือบผิวสามารถยกระดับมูลค่าให้กับสินค้าเมื่อเปรียบเทียบกับชิ้นงานก่อนการเคลือบผิว (ที่ให้กลับกลุ่ม OTOP กลุ่มสตรีก้าวหน้าสักหลง)					
5. มีความทันสมัย แปลกใหม่ แตกต่างจากผลิตภัณฑ์เดิมที่มีอยู่เดิม					

3.3.3 เกณฑ์การวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยข้อมูลจากแบบสอบถาม

หลักเกณฑ์ในการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยข้อมูลจากแบบสอบถาม ใช้การวิเคราะห์เจตคติด้วยแบบวิเคราะห์ลิเคิร์ท สเกล (Likert Scale) ที่ขณะผู้วิจัยสร้างขึ้นเพื่อประเมินความคิดเห็นของการทดลองการชุบเคลือบผิวอลูมิเนียมพวงกุญแจรูปฝักมะขาม ด้วยการทำไอโซไดซ์ มีเกณฑ์ดังนี้

4.51-5.00	มีระดับความคิดเห็น	มากที่สุด
3.51-4.50	มีระดับความคิดเห็น	มาก
2.51-3.50	มีระดับความคิดเห็น	ปานกลาง
1.51-2.50	มีระดับความพึงคิดเห็น	น้อย
0.00-1.50	มีระดับความคิดเห็น	น้อยที่สุด

3.4 การออกแบบและสร้างอุปกรณ์ชুবทอง

ประกอบด้วยอุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการชুবทอง 24k และการชুবอโนโคซ์ ดังนี้

3.4.1 ชุดอุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการชুবทอง 24 k

1. วัสดุเม็ด ทำหน้าที่เป็นวัสดุในการชুবทอง 24k
 2. ตู้แปลงไฟฟ้า ทำหน้าที่เพื่อปรับเปลี่ยนระดับไฟในการทำงานได้ตู้แปลงไฟที่ใช้ในการชুবทองครั้งนี้ จะบอก โวลต์ ต่อ แอมป์ ตู้แปลงไฟที่ใช้ในการชুবทอง24k จะมีค่าความต่างศักย์สูงสุดถึง 20 โวลต์ แอมป์จะสูงสุดถึง 40 แอมป์
 3. สายไฟแบบคิบบ ทำหน้าที่เชื่อมโยงให้กระแสไฟได้เป็นอย่างดี
 4. ตัวหนีบไฟฟ้า ทำหน้าที่ใช้หนีบกับสายไฟทองแดงเพื่อให้ปล่อยกระแสไฟฟ้าให้กับชิ้นงานและบ่อชুব (ขั้วบวกจะมีสีสีแดง ขั้วลบจะมีสีดำ)
 5. สายไฟทองแดง ทำหน้าที่ ใช้ผูกชิ้นงานในการชুবน้ำเปล่า
 6. ตัวล่อทองแดงต่าง ทำหน้าที่เป็นตัวล่อ
 7. ตัวล่อทองแดงกรด ทำหน้าที่เป็นตัวล่อ
 8. ตัวล่อนิกเกิล ทำหน้าที่เป็นตัวล่อ
 9. ตัวล่อทอง ทำหน้าที่เป็นตัวล่อ
 10. สารเคมีโซเดียมไซยาไนด์ ทำหน้าที่ล้างคราบสกปรกที่เกาะติดงาน เช่น คราบสนิม
- เขียว
11. ลูกประคำดีควาย ทำหน้าที่ล้างคราบไขมันต่างๆออกจากชิ้นงาน
 12. น้ำเปล่า ทำหน้าที่ชำระล้างชิ้นงานให้สะอาดเพื่อไม่ให้มีคราบติดบนชิ้น
 13. สารเคมีน้ำยาทองแดงต่าง ทำหน้าที่จะทำให้ทองที่ชুবติดทนนาน
 14. สารเคมีน้ำยาทองแดงกรด ทำหน้าที่จะทำให้ชิ้นงานที่ชুবเงาสวย
 15. สารเคมีน้ำยานิกเกิล ทำหน้าที่จะทำให้ชิ้นงานที่ชুবเงามัน
 16. สารเคมีน้ำยาทอง 24k ทำหน้าที่จะทำให้ชิ้นงานที่ชুবเป็นสีทอง
 17. สารเคมีน้ำยากันหมอง ทำหน้าที่เคลือบชิ้นงานที่ชুব ให้คงทน ให้ติดนาน ให้สวยงาม
- ทน
18. ถังน้ำ ทำหน้าที่ไว้ใส่น้ำประคำดีควาย
 19. บ่อชুবทำหน้าที่ เป็นบ่อชুবต่างๆในการชুব

20. แปรงขัดชิ้นงาน ทำหน้าที่ในการขัดชิ้นงาน ขณะล้างโซเดียม ไฮยาไนด์เพื่อขจัดคราบสนิมเขียวและคราบอื่นๆ

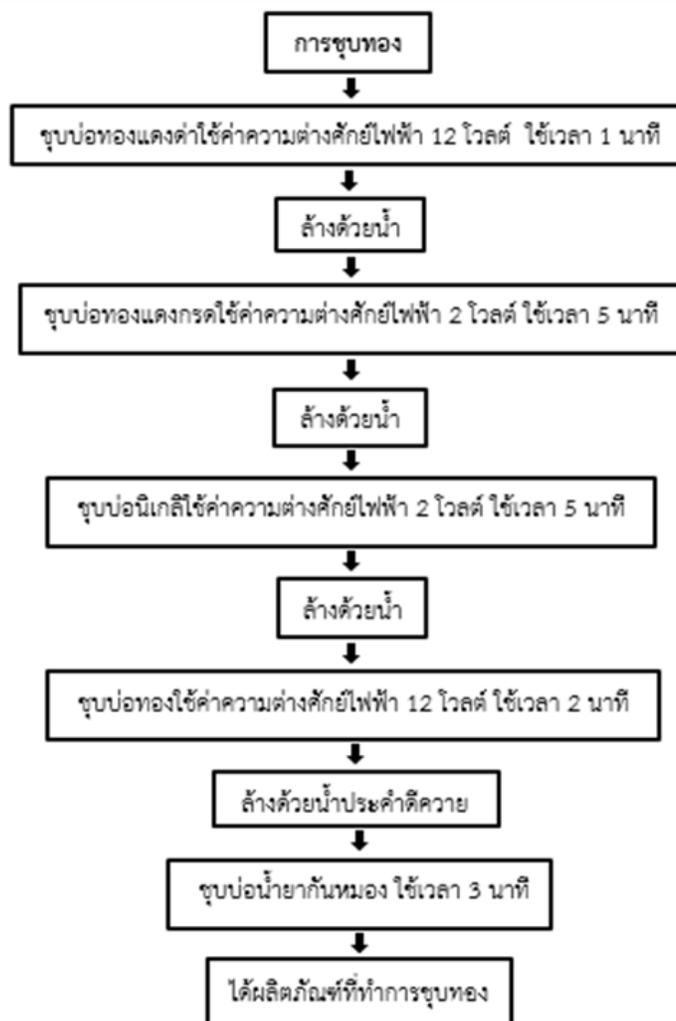
21. วัสดุมีดจากกลุ่มตีมีดบ้านใหม่ คำปลาดเตี๋ยว อำเภอห่มสีก จังหวัดเพชรบูรณ์ มีดใช้เป็นวัสดุในการชุบทอง 24k มีดทำมาจากวัสดุเหล็กเหน็บ 5160 (เหล็กเหน็บรถยนต์) มีค่าความแข็งประมาณ 60 HRC ดังภาพที่ 3-1



ภาพที่ 3-7 วัสดุมีด

3.4.2 กระบวนการชุบทอง

เริ่มจากนำชิ้นงานที่เราจะทำการชุบมาทำความสะอาดด้วยล้างด้วยโซเดียมไฮยาไนด์ 3 – 5 นาที เพื่อกำจัดคราบสกปรกออกแล้วล้างด้วยน้ำประคาคีควาย 3 - 5 นาทีเพื่อให้แน่ใจว่าชิ้นงานไม่มีคราบสกปรกหรือคราบไขมันติดอยู่แล้วล้างด้วยน้ำสะอาดจากนั้นก็เข้าสู่กระบวนการชุบ เริ่มจากชุบบ่อทองแดงต่างใช้ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า 12 โวลต์เป็นเวลา 1 นาที แล้วล้างออกด้วยน้ำสะอาดต่อไปทำการชุบบ่อทองแดงกรดใช้ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า 2 โวลต์ ใช้เวลา 5 นาที แล้วล้างด้วยน้ำสะอาดจากนั้นก็ทำการชุบที่บ่อนิกเกิลใช้ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า 2 โวลต์ ใช้เวลา 5 นาทีแล้วล้างด้วยน้ำสะอาดจากนั้นก็ชุบบ่อทองใช้ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า 12 โวลต์ ใช้เวลา 2 นาที เมื่อชุบบ่อทองเสร็จแล้วนำไปล้างด้วยน้ำประคาคีควายแล้วชุบบ่อน้ำยากันหมองเป็นเวลา 3 นาทีแล้วนำชิ้นงานไปใช้งานได้ขั้นตอนการชุบทองบนผิวมีดมีขั้นตอนดังภาพที่3-2



ภาพที่ 3-8 ขั้นตอนการชุบทอง

3.5 การหาประสิทธิภาพของชิ้นงานที่ผ่านการชุบทอง 24k

ในการทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพนั้นจะประกอบด้วยการทดลอง 2 ด้าน ประกอบด้วย การทดลองเพื่อหาปัจจัยที่เหมาะสมในการชุบทอง 24k และการทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพด้วยแบบประเมินความพึงพอใจ โดยมีการดำเนินงานดังนี้

3.5.1 การทดลองเพื่อหาปัจจัยที่เหมาะสมในการชุบทอง 24k

โดยทางผู้วิจัย ทำการทดลองหาเวลาและค่าความต่างศักย์ไฟฟ้ากับความสัมพันธ์ในการทดลองวัสดุเม็ด เพื่อทำการปรับปรุงแก้ไขหาช่วงเวลาและค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าในการทดลอง ช่วงเวลาในการ

ทดลองจะมีตั้งแต่ 1 นาที 2 นาที 3 นาที ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าในการทดลองจะมีตั้งแต่ 10 โวลต์ 12 โวลต์ 14 โวลต์ เพื่อหาเวลาช่วงเวลาและค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ดีที่สุดการทดลอง ขั้นตอนในการทดลองเพื่อหาเวลาและความต่างศักย์ไฟฟ้า ในการทดลองที่ สาขาวิชาวิศวกรรมการผลิต มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ วัสดุทดสอบ ประกอบด้วยวัสดุมีด 18 เล่ม ปัจจัยด้านความต่างศักย์ไฟฟ้า ที่ใช้ทดลองมีอยู่ 3 ช่วงคือ 10 โวลต์ 12 และ 14 โวลต์ ตัวแปรควบคุม ได้แก่ น้ำยาชุบ วัสดุมีด บ่อชุบ หม้อแปลง สายไฟ ตัวล่อ ตัวหนีบไฟฟ้า ปัจจัยด้านเวลา ได้แก่ 1, 2 และ 3 นาที ตัวแปรที่ทำการตรวจวัด ประกอบด้วย ผลการทดลองด้านกายภาพ และผลการทดลองด้านความหนาของชั้นผิวทอง

3.5.2 การวิเคราะห์ผลด้านกายภาพ

การวิเคราะห์ผลด้านกายภาพจะวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะทางกายภาพที่ดี คือ เงามาม มีการชุบติดทั่วทั้งชิ้นงานและสม่ำเสมอ ไม่เกิดรอยไหม้วิธีการที่ต้องใช้การเคลื่อนที่พื้นฐานในการทำงาน การวัดค่าเวลามาตรฐานของการเคลื่อนที่ทำได้โดยการกำหนดจากธรรมชาติและเงื่อนไขของการเคลื่อนที่ โดยทำการบันทึกผลดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3-3 ตารางบันทึกการทดลองด้านกายภาพและความหนาของชั้นผิวทองด้วยกล้องจุลทรรศน์ และวิเคราะห์ผลด้วยโปรแกรม Material Plus Ver. 4.2

ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า	เวลา(วินาที)	รูปภาพ	ตำแหน่งที่	ชั้นที่	ความหนา (ไมครอน)	ค่าเฉลี่ย (\bar{X})	ค่าเฉลี่ยรวม
10 โวลต์	1 นาที						

* ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะทางกายภาพที่ดี คือ เงามาม มีการชุบติดทั่วทั้งชิ้นงานและสม่ำเสมอ ไม่เกิดรอยไหม้

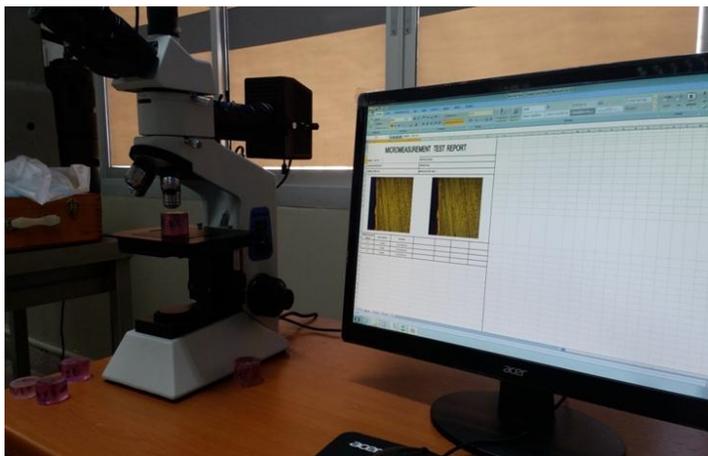
*หมายเหตุ เครื่องหมาย ✓ หมายถึงผิวชุบมีความเงามที่ดี ไม่มีรอยหมองและรอยไหม้
 เครื่องหมาย ✗ หมายถึงผิวชุบมีรอยหมอง
 เครื่องหมาย ⊗ หมายถึงผิวชุบมีรอยไหม้

3.5.3 ขั้นตอนการส่องชิ้นงานหาความหนาด้วยกล้องจุลทรรศน์ด้วย โปรแกรม Material Plus Ver.4.2

1. วางกล้องให้ฐานอยู่บนพื้นรองรับที่เรียบสม่ำเสมอเพื่อให้ลำกล้องตั้งตรง
2. หมุนเลนส์ให้ใกล้กับชิ้นงาน (Objective Lens) ที่มีกำลังขยายสูงถึง $\times 50$ เท่า มาอยู่ตรงกับลำกล้อง
3. นำชิ้นงานที่จะศึกษาหาค่าความหนา มาวางบนแท่นวางวัตถุให้ชิ้นงานที่จะศึกษานั้นอยู่กลางบริเวณที่แสงผ่าน แล้วค่อยๆ หมุนปรับภาพหยาบ โดยให้ลำกล้องเลื่อนขึ้นมาอยู่ใกล้ๆ ชิ้นงานที่จะศึกษาหาค่าความหนาโดยระวังอย่าให้เลนส์สัมผัสชิ้นงาน
4. มองในคอมพิวเตอร์เปิดโปรแกรม Material Plus Ver.4.2 ด้วยตา พร้อมกับหมุนปุ่มปรับภาพหยาบ ขึ้นช้าๆ จนมองเห็นชิ้นงานที่จะศึกษาแล้วจึงเปลี่ยนมาหมุนปุ่มปรับภาพละเอียด (Fine Adjustment Knob) เพื่อปรับภาพให้ชัด เพื่อให้ชิ้นงานที่ต้องการศึกษามาอยู่กลางแนวลำกล้อง
5. ในการวัดค่าความหนาจะทำการวัดหาค่าความหนาอยู่ 3 ตำแหน่ง ได้แก่ ตำแหน่งที่ 1 คือ ด้านขอบบนของมุม ตำแหน่งที่ 2 คือ ตรงกลาง ตำแหน่งที่ 3 คือ ขอบด้านล่างของมุม
6. แล้ววิเคราะห์ผลด้วยโปรแกรม Material Plus Ver.4.2 ดังรูปที่ 3-3 และรูปที่ 3-4



ภาพที่ 3-9 ขั้นตอนการส่องความหนาของชิ้นงานด้วยกล้องจุลทรรศน์



ภาพที่ 3-10 ขั้นตอนการวิเคราะห์ผลด้วยโปรแกรม Material Plus Ver.4.2

3.5.3 การทดลองเพื่อประเมินความพึงพอใจ

เมื่อคณะผู้วิจัยได้ออกแบบ สร้างชุดทดลอง ปรับปรุงพัฒนาและได้นำชุดชุดทอง 24k ไปทดลองที่กลุ่มตีมีดบ้านใหม่ ตำบลตาลเดี่ยว อำเภอห่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์ หลังจากนั้นจะทำการทดลองเพื่อประเมินประสิทธิภาพ โดยใช้แบบประเมินความพึงพอใจแบบมาตราส่วนการประมาณค่า (Rating Scale) และวิเคราะห์เจตคติด้วยแบบวิเคราะห์ลิเคิร์ต สเกล (Likert Scale) เพื่อรวบรวมข้อมูลปัจจัยที่เหมาะสมที่สุดในการชุบทอง 24k กับผลิตภัณฑ์กลุ่มมีดบ้านใหม่และถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชนต่อไป โดยแบบประเมินความพึงพอใจที่ใช้สอบถามดังแสดงในตารางที่ 3.2

3.5.4 เกณฑ์การวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยข้อมูลจากแบบสอบถาม

หลักเกณฑ์ในการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยข้อมูลจากแบบสอบถาม ใช้การวิเคราะห์เจตคติด้วยแบบวิเคราะห์ลิเคิร์ต สเกล (Likert Scale) ที่คณะผู้วิจัยสร้างขึ้นเพื่อประเมินความพึงพอใจของชุดทดลองการชุบทอง 24k มีเกณฑ์ ดังนี้

4.51 - 5.00	มีระดับความพึงพอใจ	ความพึงพอใจมากที่สุด
3.51 - 4.50	มีระดับความพึงพอใจ	ความพึงพอใจมาก
2.51 - 3.50	มีระดับความพึงพอใจ	ความพึงพอใจปานกลาง
1.51 - 2.50	มีระดับความพึงพอใจ	ความพึงพอใจน้อย
0.00 - 1.50	มีระดับความพึงพอใจ	ความพึงพอใจน้อยที่สุด

ตารางที่ 3-4 ตัวอย่างแบบสอบถาม

ประเด็นความพึงพอใจด้านผลิตภัณฑ์	ระดับความพึงพอใจ				
	5	4	3	2	1
1. ความพึงพอใจต่อรูปร่างของผลิตภัณฑ์					
2. ผลิตภัณฑ์นี้สื่อถึงผลิตภัณฑ์ OTOP กลุ่มดีมีดบ้านใหม่ ตำบลตาลเดี่ยว อำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์ได้ดี					
3. ผลิตภัณฑ์นี้สามารถช่วยสร้างรายได้มากขึ้นให้กับกลุ่ม OTOP กลุ่มดีมีดบ้านใหม่ ตำบลตาลเดี่ยว อำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์ได้ดี					
4. ผลิตภัณฑ์มีสีทองสวยงาม					
5. ผลิตภัณฑ์มีความคงทนใช้งานได้นาน (ทองไม่หลุดลอก)					
6. ราคาผลิตภัณฑ์มีความเหมาะสม					
7. มีความทันสมัย แปลกใหม่ แตกต่างจากผลิตภัณฑ์เดิม					
8. ท่านจะแนะนำผลิตภัณฑ์นี้กับผู้อื่น					

บทที่ 4

ผลการวิจัย

จากที่ผู้วิจัยได้ทำการทดลอง เพื่อหาปัจจัยที่เหมาะสมในการชุบเคลือบผิวอลูมิเนียมผงกัญแจรูปฝักมะขาม ด้วยวิธีการทำโนโคซ์ สำหรับผลิตภัณฑ์ OTOP กลุ่มสตรีก้าวหน้าสักหลง ตำบลสักหลง และการหาปัจจัยที่เหมาะสมในการชุบทอง 24k ของผลิตภัณฑ์ OTOP กลุ่มตีมีดบ้านใหม่ ตำบลตาลเดี่ยว อำเภอห่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์ ได้ศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องทั้งหมด 2 ปัจจัย ได้แก่ ความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ใช้และระยะเวลาที่ใช้ในการชุบ ได้ผลการทดลองดังนี้

4.1 ผลการทดลองเพื่อหาปัจจัยที่เหมาะสมในการชุบเคลือบผิวอลูมิเนียมผงกัญแจรูปฝักมะขาม

ตารางที่ 4-1 ตารางบันทึกภาพที่ได้จากการทดลอง

ความต่างศักย์ไฟฟ้า (โวลต์)	เวลา (นาที)	รูปภาพ
10 โวลต์	20 นาที	
	30 นาที	
	40 นาที	

12 โวลต์	20 นาที	
	30 นาที	
	40 นาที	
14 โวลต์	20 นาที	
	30 นาที	
	40 นาที	

* ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะทางกายภาพที่ดี คือ เงามาม มีการชุบติดสีทั่วชิ้นงานและสม่ำเสมอ ไม่เกิดรอยไหม้

4.2 แบบสอบถามเพื่อประเมินความพึงพอใจของผลิตภัณฑ์ที่มีการชุบเคลือบผิวด้วยวิธีการไอไดซ์

ตารางที่ 4-2 ตารางบันทึกผลแบบสอบถามเพื่อประเมินความพึงพอใจของผลิตภัณฑ์ที่มีการชุบเคลือบผิวด้วยวิธีการไอไดซ์

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ย	S.D.	ระดับความคิดเห็น
1. ด้านลักษณะทางกายภาพ			
1. ท่านมีความคิดเห็นกับชิ้นงานที่มีการชุบเคลือบผิวด้วยค่าความต่างศักย์ทางไฟฟ้า 10 โวลต์ ใช้เวลาในการชุบ 20 นาที ผิวเคลือบชิ้นงานมีความเงางาม ไม่เกิดรอยไหม้ ไม่มีรอยค้างดำ สีที่เคลือบไม่หลุดลอก สีที่เคลือบติดสม่ำเสมอทั้งชิ้นงาน และทนต่อรอยขีดข่วน	3.58	0.81	มาก
2. ท่านมีความคิดเห็นกับชิ้นงานที่มีการชุบเคลือบผิวด้วยค่าความต่างศักย์ทางไฟฟ้า 10 โวลต์ ใช้เวลาในการชุบ 30 นาที ผิวเคลือบชิ้นงานมีความเงางาม ไม่เกิดรอยไหม้ ไม่มีรอยค้างดำ สีที่เคลือบไม่หลุดลอก สีที่เคลือบติดสม่ำเสมอทั้งชิ้นงาน และทนต่อรอยขีดข่วน	3.22	0.65	ปานกลาง
3. ท่านมีความคิดเห็นกับชิ้นงานที่มีการชุบเคลือบผิวด้วยค่าความต่างศักย์ทางไฟฟ้า 10 โวลต์ ใช้เวลาในการชุบ 40 นาที ผิวเคลือบชิ้นงานมีความเงางาม ไม่เกิดรอยไหม้ ไม่มีรอยค้างดำ สีที่เคลือบไม่หลุดลอก สีที่เคลือบติดสม่ำเสมอทั้งชิ้นงาน และทนต่อรอยขีดข่วน	3.28	0.67	ปานกลาง
4. ท่านมีความคิดเห็นกับชิ้นงานที่มีการชุบเคลือบผิวด้วยค่าความต่างศักย์ทางไฟฟ้า 12 โวลต์ ใช้เวลาในการชุบ 20 นาที ผิวเคลือบชิ้นงานมีความเงางาม ไม่เกิดรอยไหม้ ไม่มีรอยค้างดำ สีที่เคลือบไม่หลุดลอก สีที่เคลือบติดสม่ำเสมอทั้งชิ้นงาน และทนต่อรอยขีดข่วน	4.62	0.60	มากที่สุด
5. ท่านมีความคิดเห็นกับชิ้นงานที่มีการชุบเคลือบผิวด้วยค่าความต่างศักย์ทางไฟฟ้า 12 โวลต์ ใช้เวลาในการชุบ 30 นาที ผิวเคลือบชิ้นงานมีความเงางาม ไม่เกิดรอยไหม้ ไม่มีรอยค้างดำ สีที่เคลือบไม่หลุดลอก สีที่เคลือบติดสม่ำเสมอทั้งชิ้นงาน และทนต่อรอยขีดข่วน	2.98	0.65	ปานกลาง

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ย	S.D.	ระดับความคิดเห็น
6. ท่านมีความคิดเห็นกับชิ้นงานที่มีการชุบเคลือบผิวด้วยค่าความต่างศักย์ทางไฟฟ้า 12 โวลต์ ใช้เวลาในการชุบ 40 นาที ผิวเคลือบชิ้นงานมีความเงางาม ไม่เกิดรอยไหม้ ไม่มีรอยต่างค่า สีที่เคลือบไม่หลุดลอก สีที่เคลือบติดสม่ำเสมอทั้งชิ้นงาน และทนต่อรอยขีดข่วน	2.08	0.97	น้อย
7. ท่านมีความคิดเห็นกับชิ้นงานที่มีการชุบเคลือบผิวด้วยค่าความต่างศักย์ทางไฟฟ้า 14 โวลต์ ใช้เวลาในการชุบ 20 นาที ผิวเคลือบชิ้นงานมีความเงางาม ไม่เกิดรอยไหม้ ไม่มีรอยต่างค่า สีที่เคลือบไม่หลุดลอก สีที่เคลือบติดสม่ำเสมอทั้งชิ้นงาน และทนต่อรอยขีดข่วน	2.72	0.93	ปานกลาง
8. ท่านมีความคิดเห็นกับชิ้นงานที่มีการชุบเคลือบผิวด้วยค่าความต่างศักย์ทางไฟฟ้า 14 โวลต์ ใช้เวลาในการชุบ 30 นาที ผิวเคลือบชิ้นงานมีความเงางาม ไม่เกิดรอยไหม้ ไม่มีรอยต่างค่า สีที่เคลือบไม่หลุดลอก สีที่เคลือบติดสม่ำเสมอทั้งชิ้นงาน และทนต่อรอยขีดข่วน	1.72	0.70	น้อย
9. ท่านมีความคิดเห็นกับชิ้นงานที่มีการชุบเคลือบผิวด้วยค่าความต่างศักย์ทางไฟฟ้า 14 โวลต์ ใช้เวลาในการชุบ 40 นาที ผิวเคลือบชิ้นงานมีความเงางาม ไม่เกิดรอยไหม้ ไม่มีรอยต่างค่า สีที่เคลือบไม่หลุดลอก สีที่เคลือบติดสม่ำเสมอทั้งชิ้นงาน และทนต่อรอยขีดข่วน	1.16	0.42	น้อยที่สุด
ผลรวมด้านลักษณะทางกายภาพ ทั้ง 9 ข้อ	2.82	0.71	ปานกลาง

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ย	S.D.	ระดับความคิดเห็น
2. ด้านความพึงพอใจของผลิตภัณฑ์			
1. ความพึงพอใจต่อรูปร่างของผลิตภัณฑ์	4.6	0.53	มากที่สุด
2. ชื่นนี้สื่อถึงผลิตภัณฑ์ OTOP กลุ่มสตรีก้าวหน้าสักหลาดตำบลสักหลาด อำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์	4.62	0.57	มากที่สุด
3. ผลิตภัณฑ์มีสีสันสวยงามสีสุกใส น่าประทับใจเมื่อได้พบเห็น	4.46	0.54	มาก
4. ผลิตภัณฑ์ที่เคลือบผิวสามารถยกระดับมูลค่าให้กับสินค้าเมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ก่อนการเคลือบผิว (ที่ให้กลับกลุ่ม OTOP กลุ่มสตรีก้าวหน้าสักหลาด)	4.58	0.67	มากที่สุด
5. มีความทันสมัย แปลกใหม่ แตกต่างจากผลิตภัณฑ์เดิมที่มีอยู่เดิม	4.78	0.42	มากที่สุด
ผลรวมด้านความพึงพอใจของผลิตภัณฑ์ ทั้ง 5 ข้อ	4.61	0.55	มากที่สุด

4.2.1 ผลการทดลองจากแบบสอบถามเพื่อประเมินความพึงพอใจของผลิตภัณฑ์ที่มีการชุบเคลือบผิวด้วยวิธีการอโนไดซ์ด้านลักษณะทางกายภาพ

1. จากการทดลองแบบสอบถามเพื่อประเมินความพึงพอใจของผลิตภัณฑ์ที่มีการชุบเคลือบผิวด้วยการอโนไดซ์ด้านลักษณะทางกายภาพ โดยการใช้การสังเกตความสมบูรณ์ของชิ้นงาน ในการชุบเคลือบผิวอลูมิเนียมพวงกุญแจรูปฝักมะขามด้วยการทำอโนไดซ์ จากการสุ่มกลุ่มตัวอย่างแบบเฉพาะเจาะจงของกลุ่มสตรีก้าวหน้าสักหลาด ตำบลสักหลาด อำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์ จำนวน 50 คน ที่ใช้ความต่างศักย์ไฟฟ้าทั้งหมด 3 ช่วง คือ 10 ,12 และ 14 โวลต์ และใช้ระยะเวลาในการชุบเคลือบผิวทั้งหมด 3 ช่วง คือ 20 , 30 และ 40 นาที มีผลดังนี้

2. จากผลการทดลองพบว่าการใช้ความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ 10 โวลต์และใช้ระยะเวลาในการชุบเคลือบผิว 20 นาที มีระดับความคิดเห็นเฉลี่ยเท่ากับ 3.58 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ 0.81และอยู่ในระดับความคิดเห็นมาก แต่เมื่อเพิ่มระยะเวลาการชุบเคลือบผิวเป็น 30 นาที มีระดับความคิดเห็นเฉลี่ยเท่ากับ 3.22 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ 0.65 และอยู่ในระดับความคิดเห็น ปานกลาง และ

เมื่อเพิ่มระยะเวลาการชงเคลือบผิวเป็น 40 นาที มีระดับความคิดเห็นเฉลี่ยเท่ากับ 3.28 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ 0.67 และอยู่ในระดับความคิดเห็นปานกลาง

3. จากผลการทดลองพบว่าการใช้ความต่างศักย์ไฟฟ้าเป็น 12 โวลต์และใช้ระยะเวลาในการชงเคลือบผิว 20 นาที มีระดับความคิดเห็นเฉลี่ยเท่ากับ 4.62 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ 0.60 และอยู่ในระดับความพึงพอใจมากที่สุด แต่เมื่อเพิ่มระยะเวลาการชงเคลือบผิวเป็น 30 นาที มีระดับความคิดเห็นเฉลี่ยเท่ากับ 2.98 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ 0.65 และอยู่ในระดับความพึงพอใจปานกลาง และเมื่อเพิ่มระยะเวลาการชงเคลือบผิวเป็น 40 นาที มีระดับความพึงพอใจเฉลี่ยเท่ากับ 2.08 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ 0.97 และอยู่ในระดับความพึงพอใจน้อย

4. จากผลการทดลองพบว่าการใช้ความต่างศักย์ไฟฟ้าเป็น 14 โวลต์และใช้ระยะเวลาในการชงเคลือบผิว 20 นาที มีระดับความพึงพอใจเฉลี่ยเท่ากับ 2.72 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ 0.93 และอยู่ในระดับความคิดเห็นปานกลาง แต่เมื่อเพิ่มระยะเวลาการชงเคลือบผิวเป็น 30 นาที มีระดับความคิดเห็นเฉลี่ยเท่ากับ 1.72 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ 0.70 และอยู่ในระดับความพึงพอใจน้อย และเมื่อเพิ่มระยะเวลาการชงเคลือบผิวเป็น 40 นาที มีระดับความพึงพอใจเฉลี่ยเท่ากับ 1.16 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ 0.42 และอยู่ในระดับความพึงพอใจน้อยที่สุด

ดังนั้นจากการทดลองด้วยแบบสอบถามเพื่อประเมินความพึงพอใจของผลิตภัณฑ์ที่มีการชงเคลือบผิวด้วยการอโนไดซ์ด้านลักษณะทางกายภาพ ทั้ง 9 ข้อ พบว่ามีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 2.82 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ 0.71 และอยู่ในระดับความคิดเห็นปานกลาง

4.2.2 ผลการทดลองจากแบบสอบถามเพื่อประเมินความคิดเห็นของผลิตภัณฑ์ที่มีการชงเคลือบผิวด้วยวิธีการอโนไดซ์ด้านความพึงพอใจของผลิตภัณฑ์

จากการทดลองด้วยแบบสอบถามเพื่อประเมินความคิดเห็นของผลิตภัณฑ์ที่มีการชงเคลือบผิวด้วยการอโนไดซ์ด้านความพึงพอใจของผลิตภัณฑ์ เมื่อแยกพิจารณารายข้อ พบว่าความพึงพอใจต่อรูปร่างของผลิตภัณฑ์ได้รับระดับความคิดเห็นเฉลี่ยเท่ากับ 4.6 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ 0.53 และอยู่ในระดับความคิดเห็นมากที่สุด , ผลิตภัณฑ์นี้คือถึงผลิตภัณฑ์ OTOP กลุ่มสตรีก้าวหน้าสักหลาดตำบลสักหล่อ อำเภอลำสัก จังหวัดเพชรบูรณ์ ได้รับระดับความคิดเห็นเฉลี่ยเท่ากับ 4.62 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ 0.57 และอยู่ในระดับความคิดเห็นมากที่สุด , ผลิตภัณฑ์มีสีสันสวยงามสีสุกใสน่าประทับใจเมื่อได้พบเห็น ได้รับระดับความคิดเห็นเฉลี่ยเท่ากับ 4.46 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ 0.56 และอยู่ในระดับความคิดเห็นมาก , ผลิตภัณฑ์ที่เคลือบผิวสามารถยกระดับมูลค่าให้กับ

สินค้าเมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ก่อนการเคลือบผิว โดยจากเดิมขายฝักละ 10 บาท เมื่อทำการเคลือบผิวแล้วสามารถขายได้ฝักละ 15-20 บาท (ที่ให้กลับกลุ่ม OTOP กลุ่มสตรีก้าวหน้าสักหลง) ได้รับระดับความคิดเห็นเฉลี่ยเท่ากับ 4.58 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ 0.67 และอยู่ในระดับความคิดเห็นมากที่สุด และมีความทันสมัย แปลกใหม่ แตกต่างจากผลิตภัณฑ์เดิมที่มีอยู่เดิม ได้รับระดับความคิดเห็นเฉลี่ยเท่ากับ 4.78 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ 0.42 และอยู่ในระดับความคิดเห็นมากที่สุด

ดังนั้นจากการทดลองด้วยแบบสอบถามเพื่อประเมินความคิดเห็นของผลิตภัณฑ์ที่มีการชุบเคลือบผิวด้วยการอโนไดซ์ด้านความพึงพอใจของผลิตภัณฑ์ ทั้ง 5 ข้อ พบว่ามีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.61 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ 0.55 และอยู่ในระดับความคิดเห็นมากที่สุด

จากการทดลองด้วยแบบสอบถามเพื่อประเมินความคิดเห็นของผลิตภัณฑ์ที่มีการชุบเคลือบผิวด้วยการอโนไดซ์ด้านความพึงพอใจของผลิตภัณฑ์ เมื่อแยกพิจารณารายชื่อ พบว่าความพึงพอใจต่อรูปร่างของผลิตภัณฑ์ได้รับระดับความคิดเห็นเฉลี่ยเท่ากับ 4.6 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ 0.53 และอยู่ในระดับความคิดเห็นมากที่สุด , ผลิตภัณฑ์นี้สื่อถึงผลิตภัณฑ์ OTOP กลุ่มสตรีก้าวหน้าสักหลง ตำบลสักหลง อำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์ ได้รับระดับความคิดเห็นเฉลี่ยเท่ากับ 4.62 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ 0.57 และอยู่ในระดับความคิดเห็นมากที่สุด , ผลิตภัณฑ์ที่มีสีสันสวยงามสีสุกใส น่าประทับใจเมื่อได้พบเห็น ได้รับระดับความคิดเห็นเฉลี่ยเท่ากับ 4.46 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ 0.56 และอยู่ในระดับความคิดเห็นมาก , ผลิตภัณฑ์ที่เคลือบผิวสามารถยกระดับมูลค่าให้กับสินค้าเมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ก่อนการเคลือบผิว โดยจากเดิมขายฝักละ 10 บาท เมื่อทำการเคลือบผิวแล้วสามารถขายได้ฝักละ 15-20 บาท (ที่ให้กลับกลุ่ม OTOP กลุ่มสตรีก้าวหน้าสักหลง) ได้รับระดับความคิดเห็นเฉลี่ยเท่ากับ 4.58 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ 0.67 และอยู่ในระดับความคิดเห็นมากที่สุด และมีความทันสมัย แปลกใหม่ แตกต่างจากผลิตภัณฑ์เดิมที่มีอยู่เดิม ได้รับระดับความคิดเห็นเฉลี่ยเท่ากับ 4.78 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ 0.42 และอยู่ในระดับความคิดเห็นมากที่สุด

ดังนั้นจากการทดลองด้วยแบบสอบถามเพื่อประเมินความคิดเห็นของผลิตภัณฑ์ที่มีการชุบเคลือบผิวด้วยการอโนไดซ์ด้านความพึงพอใจของผลิตภัณฑ์ ทั้ง 5 ข้อ พบว่ามีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.61 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ 0.55 และอยู่ในระดับความคิดเห็นมากที่สุด

4.3 ผลการทดลองด้านกายภาพและความหนาของการชุบทอง 24 k

ตารางที่ 4-3 ตารางบันทึกการทดลองด้านกายภาพและความหนาผิวของชิ้นงานทดสอบด้วย กล้องจุลทรรศน์และวิเคราะห์ผลด้วยโปรแกรม Material Plus Ver. 4.2

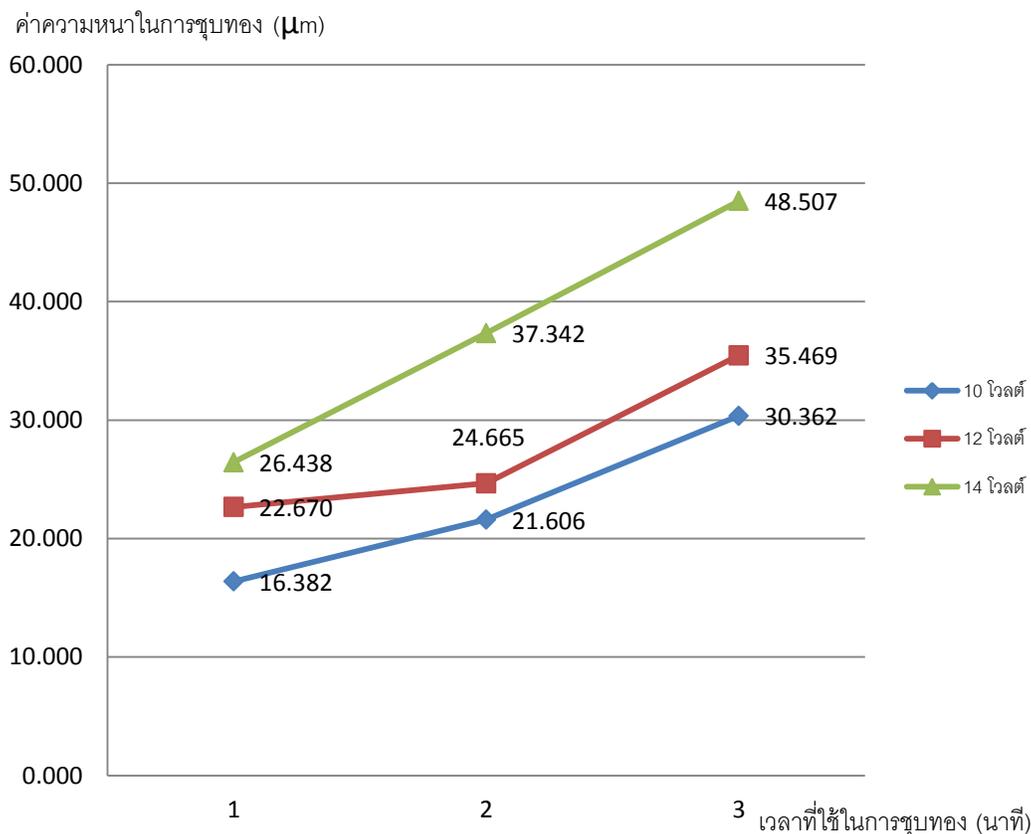
ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า	เวลา (นาทื)	รูปภาพ	ชั้นที่	ค่าความหนา (ไมครอน)เฉลี่ย (\bar{x})	ค่าเฉลี่ยรวม
10 โวลต์	1 นาทื		1	16.192	16.382
			2	16.370	
	2 นาทื		1	21.665	21.606
			2	21.497	
	3 นาทื		1	30.511	30.362
	2	30.294			
12 โวลต์	1 นาทื		1	22.720	22.670
			2	22.575	
	2 นาทื		1	24.666	24.665
			2	24.818	

	3 นาที		1	35.288	
			2	35.434	35.469
14 โวลต์	1 นาที		1	26.511	
			2	26.698	26.438
	2 นาที		1	37.151	
			2	37.352	37.205
	3 นาที		1	48.435	
			2	48.750	48.507

* ผลึกภัณฑ์ที่มีลักษณะทางกายภาพที่ดี คือ เงามาม มีการชุบติดทั่วทั้งชิ้นงานและสม่ำเสมอ ไม่เกิดรอยไหม้

* หมายเหตุ เครื่องหมาย ✓ หมายถึงผิวชุบมีความเงางามที่ดี ไม่มีรอยหมองและรอยไหม้
 เครื่องหมาย ✗ หมายถึงผิวชุบมีรอยหมอง
 เครื่องหมาย ⊗ หมายถึงผิวชุบมีรอยไหม้

กราฟค่าความหนาทองของผิวในการชุบทองบนวัสดุมีดของที่ระลึก



ภาพที่ 4-1 กราฟค่าความหนาทองของผิวในการชุบทองบนวัสดุชนิดของที่ระลึก
ที่มา(ธรรม์ณชาติ วันแต่ง, 2559 ,20 มิถุนายน)

จากผลการทดลองพบว่าการใช้ความต่างศักย์ไฟฟ้า 10 โวลต์ 1 นาที ทองที่ติดกับวัสดุชนิดที่ชุบจะลักษณะที่บาง และผิวชุบของทองที่ติดกับวัสดุชนิดจะมีความหมอง แต่เมื่อเพิ่มเวลาในการชุบเป็น 2 นาที พบว่าทองที่ติดกับวัสดุชนิดที่ชุบจะลักษณะหนาเพิ่มขึ้นมาเล็กน้อยกว่าเวลาที่ใช้ในการชุบทองที่เวลา 1 นาที แต่ผิวชุบของทองที่ติดกับวัสดุชนิดจะมีความหมอง และเมื่อเพิ่มเวลาในการชุบเป็น 3 นาที ผิวชุบของทองที่ติดกับวัสดุชนิดที่ชุบจะลักษณะหนาขึ้นมากกว่าเวลาที่ใช้ในการชุบทองที่เวลา 1 และ 2 นาที ผิวชุบทองที่ติดกับวัสดุชนิดจะมีความเงาเพิ่มขึ้นแต่ยังหมองอยู่เล็กน้อย

จากผลการทดลองพบว่าการใช้ความต่างศักย์ไฟฟ้า 12 โวลต์ 1 นาที ทองที่ติดกับวัสดุชนิดที่ชุบจะลักษณะค่อนข้างหนา แต่ทองที่ติดกับวัสดุชนิดจะมีความเงางามเพิ่มขึ้นกว่าการทดลองที่ความต่างศักย์ไฟฟ้า 10 โวลต์ทั้งหมด แต่เมื่อเพิ่มเวลาในการชุบเป็น 2 นาที พบว่าทองที่ติดกับวัสดุชนิดที่ชุบจะลักษณะหนาเพิ่มขึ้น กว่าเวลาที่ใช้ในการชุบทองที่เวลา 1 นาที แต่ผิวชุบของทองที่ติดกับวัสดุชนิดจะมี

ความเงางามมาก เป็นเวลาที่ใช้ในการชุบทองที่ดีที่สุด และเมื่อเพิ่มเวลาในการชุบเป็น 3 นาที ผิวชุบของทองที่ติดกับวัสดุมีดที่ชุบจะลักษณะหนาเพิ่มขึ้นมากกว่าเวลาที่ใช้ในการชุบทองที่เวลา 1 และ 2 นาที แต่ผิวชุบของทองที่ติดกับวัสดุมีดจะมีความเงางามลดลงเนื่องจากมีความเข้มข้นของสีมากจนความเงา
ลดลง

จากผลการทดลองพบว่าการใช้ความต่างศักย์ไฟฟ้า 14 โวลต์ 1 นาที ทองที่ติดกับวัสดุมีดที่ชุบจะมีลักษณะหนาเพิ่มขึ้น แต่ผิวชุบของทองที่ติดกับวัสดุมีดนั้นจะหมองและมีลักษณะใหม่เล็กน้อย แต่เมื่อเพิ่มเวลาในการชุบเป็น 2 นาที พบว่าทองที่ติดกับวัสดุมีดที่ชุบจะมีลักษณะหนาเพิ่มขึ้นมา มากกว่าเวลาที่ชุบ 1 นาที แต่ผิวชุบของทองที่ติดกับวัสดุมีดนั้นจะหมองมากขึ้นและออกใหม่ แต่เมื่อเพิ่มเวลาในการชุบเป็น 3 นาที พบว่าทองที่ติดกับวัสดุมีดที่ชุบจะมีลักษณะหนาเพิ่มขึ้นมากกว่าเวลาที่ชุบ 1 และ 2 นาที แต่ผิวชุบของทองที่ติดกับวัสดุมีดนั้นจะหมองมากขึ้นและผิวชุบของทองที่ติดนั้นจะมีลักษณะผิวที่หยาบแล้วออกใหม่มากกว่า เวลาที่ชุบ 1 และ 2 นาที

จากผลการทดลองด้านกายภาพของมีดที่ผ่านการชุบชี้ให้เห็นว่าการทดลองโดยการใช้ความต่างศักย์ไฟฟ้า 12 โวลต์ 1 นาทีและ 2 นาที จะมีความเงางามมากที่สุด โดยเฉพาะที่ 2 นาทีจะมีความเงางามโดดเด่นที่สุด ไม่เกิดการหมองและเกิดรอยใหม่ อีกทั้งมีความประหยัดพลังงานไฟฟ้าที่เหมาะสม จึงเหมาะสมกับการนำข้อมูลดังกล่าวไปใช้ในการศึกษาวิจัยที่เหมาะสมในการชุบทอง 24k สำหรับผลิตภัณฑ์ OTOP กลุ่มตีมีดบ้านใหม่ ตำบลตาลเดี่ยว อำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์ เพื่อเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์และนำข้อมูลการค้นพบดังกล่าวไปจัดการอบรมเชิงปฏิบัติการเพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยีกับชุมชนเป้าหมายต่อไป

4.4 ผลการประเมินความพึงพอใจในผลิตภัณฑ์การชูปทอง 24k

โดยแบบประเมินความพึงพอใจจากกลุ่มดีมีคบ้านใหม่ ตำบลศาลเตี้ย อำเภอห่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์ และผู้ที่เกี่ยวข้องผลการประเมินความพึงพอใจดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4-4 ผลการทดลองเพื่อประเมินความพึงพอใจในผลิตภัณฑ์

ประเด็นความพึงพอใจด้านผลิตภัณฑ์	ค่าเฉลี่ย \bar{x}	S.D	ระดับความ พึงพอใจ
1. ความพึงพอใจต่อรูปร่างของผลิตภัณฑ์	4.42	0.5	มาก
2. ผลิตภัณฑ์นี้สื่อถึงผลิตภัณฑ์ OTOP กลุ่มดีมีคบ้านใหม่ ตำบลศาลเตี้ย อำเภอห่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์ได้ดี	4.48	0.61	มาก
3. ผลิตภัณฑ์นี้สามารถช่วยสร้างรายได้มากขึ้นให้กับกลุ่ม OTOP กลุ่มดีมีคบ้านใหม่ ตำบลศาลเตี้ย อำเภอห่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์ได้ดี	4.46	0.61	มาก
4. ผลิตภัณฑ์มีสีทองสวยงาม	4.5	0.65	มาก
5. ผลิตภัณฑ์มีความคงทนใช้งานได้นาน (ทองไม่หลุดรอก)	4.4	0.61	มาก
6. ราคาผลิตภัณฑ์มีความเหมาะสม	4.52	0.61	มากที่สุด
7. มีความทันสมัย แปลกใหม่ แตกต่างจากผลิตภัณฑ์เดิม	4.58	0.67	มากที่สุด
8. ท่านจะแนะนำผลิตภัณฑ์นี้กับผู้อื่น	4.36	0.83	มาก
รวมประเมินประสิทธิภาพทั้ง 8 ข้อ เฉลี่ย	4.46	0.67	มาก

ผลการประเมินประสิทธิภาพระดับความพึงพอใจในด้านต่างๆการทดลองเพื่อประเมินความพึงพอใจผลิตภัณฑ์จากการทดสอบความพึงพอใจรวมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.46 ซึ่งอยู่ในระดับความพึงพอใจมาก เมื่อแยกพิจารณารายข้อพบว่าความพึงพอใจต่อรูปร่างของผลิตภัณฑ์ ได้ระดับคะแนนความพึงพอใจเฉลี่ย 4.42 อยู่ในระดับดี ผลิตภัณฑ์นี้สื่อถึงผลิตภัณฑ์ OTOP กลุ่มดีมีคบ้านใหม่ ตำบลศาลเตี้ย อำเภอห่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์ได้ดี ได้ระดับคะแนนความพึงพอใจเฉลี่ย 4.48 อยู่ในระดับดี ผลิตภัณฑ์นี้สามารถช่วยสร้างรายได้มากขึ้นให้กับกลุ่ม OTOP กลุ่มดีมีคบ้านใหม่ ตำบลศาลเตี้ย อำเภอห่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์ได้ดี ได้ระดับคะแนนความพึงพอใจเฉลี่ย 4.46 อยู่ในระดับดีมาก

ผลิตภัณฑ์มีสีทองสวยงาม ได้ระดับคะแนนความพึงพอใจเฉลี่ย 4.5 อยู่ในระดับดี ผลิตภัณฑ์มีความ
คงทนใช้งานได้นาน (ทองไม่หลุดลอก) ได้ระดับคะแนนความพึงพอใจเฉลี่ย 4.4 อยู่ในระดับดี ราคา
ผลิตภัณฑ์มีความเหมาะสม ได้ระดับคะแนนความพึงพอใจเฉลี่ย 4.52 อยู่ในระดับดีมาก มีความ
ทันสมัย แปลกใหม่ แตกต่างจากผลิตภัณฑ์เดิม ได้ระดับคะแนนความพึงพอใจเฉลี่ย 4.58 อยู่ในระดับดี
มาก และท่านจะแนะนำผลิตภัณฑ์นี้กับผู้อื่น ได้ระดับคะแนนความพึงพอใจเฉลี่ย 4.4 อยู่ในระดับดี
ดังนั้นผลรวมระดับคะแนนคิดเห็นเฉลี่ยเพื่อประเมินความพึงพอใจผลิตภัณฑ์ได้คือ 4.46 ระดับดี

บทที่ 5

สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาหาปัจจัยที่เหมาะสมในการหุบเคลือบผิวอลูมิเนียมผงกึ่งรูปฝักมะขาม สำหรับผลิตภัณฑ์ OTOP กลุ่มสตรีก้าวหน้าสั๊กหลง ตำบลสั๊กหลง และการศึกษาปัจจัยที่เหมาะสมในการหุบทอง 24k สำหรับผลิตภัณฑ์ OTOP กลุ่มตีมีดบ้านใหม่ ตำบลตาลเดี่ยว อำเภอห่มสั๊ก จังหวัดเพชรบูรณ์ เพื่อเพิ่มคุณสมบัติให้กับชิ้นงาน ป้องกันการกัดกร่อน ป้องกันสนิม เพิ่มความสวยงามและเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์ สรุปผลการทดลองได้ดังนี้

5.1 สรุปผลการทดลองการหาปัจจัยที่เหมาะสม.๐การหุบเคลือบผิวด้วยวิธีอีโคโนไดซ์

จากการทดลองโดยการประเมินด้านลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ผงกึ่งรูปฝักมะขามที่ผ่านการหุบเคลือบผิวด้วยการสังเกตความสมบูรณ์ของการเคลือบผิวและความสวยงามของการหุบเคลือบผิวด้วยวิธีการอีโคโนไดซ์ จากการสุ่มกลุ่มตัวอย่างแบบเฉพาะเจาะจง ได้แก่ กลุ่มสตรีก้าวหน้าสั๊กหลง ตำบลสั๊กหลง อำเภอห่มสั๊ก จังหวัดเพชรบูรณ์ จำนวน 50 คน พบว่าสภาวะการหุบเคลือบผิวที่ใช้ความต่างศักย์ไฟฟ้า 12 โวลต์และใช้เวลาในการหุบ 20 นาที มีระดับคะแนนความพึงพอใจด้านกายภาพของชิ้นงานมากที่สุด และการประเมินด้านความพึงพอใจของผลิตภัณฑ์หลังหุบเคลือบผิวพบว่าความพึงพอใจของผลิตภัณฑ์ที่ได้ อยู่ในระดับมากที่สุด

5.2 สรุปผลการทดลองการหาปัจจัยที่เหมาะสมในการหุบเคลือบผิวด้วยทอง 24k

เมื่อทำการทดลองหาปัจจัยที่เหมาะสมในกระบวนการหุบทอง 24k พบว่าปัจจัยด้านเวลาและค่าความต่างศักย์มีผลต่อความหนาของชั้นผิวเคลือบของกระบวนการหุบทอง จากผลการทดลองด้านกายภาพของมิดที่ผ่านการหุบชี้ให้เห็นว่าการทดลองโดยการใช้ความต่างศักย์ไฟฟ้า 12 โวลต์ 1 นาทีและ 2 นาที จะมีความเงางามมากที่สุด โดยเฉพาะที่ 2 นาทีจะมีความเงางามโดดเด่นที่สุด ไม่เกิดการหมองและเกิดรอยไหม้ อีกทั้งมีความประหยัดพลังงานไฟฟ้าที่เหมาะสม จึงเหมาะสมกับการนำข้อมูลดังกล่าวไปใช้ในการศึกษาปัจจัยที่เหมาะสมในการหุบทอง 24k สำหรับผลิตภัณฑ์ OTOP กลุ่มตีมีดบ้านใหม่ ตำบลตาลเดี่ยว อำเภอห่มสั๊ก จังหวัดเพชรบูรณ์ ปัจจัยที่ดีที่สุดในการหุบทอง 24k สำหรับผลิตภัณฑ์ OTOP กลุ่มตีมีดบ้านใหม่ ตำบลตาลเดี่ยว อำเภอห่มสั๊ก จังหวัดเพชรบูรณ์ คือ ความต่างศักย์ไฟฟ้า 12 โวลต์และเวลา 2 นาที

ดังนั้น การศึกษาหาปัจจัยที่เหมาะสมในกระบวนการชุบทองสามารถ เพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์กลุ่มตีมีดบ้านใหม่ ตำบลตาลเดี่ยว อำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์ เพิ่มความสวยงาม ป้องกันการกัดกร่อนและป้องกันสนิม เพิ่มรายได้ให้กับกลุ่มตีมีดบ้านใหม่ ตำบลตาลเดี่ยว อำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์ สร้างเอกลักษณ์ให้กับผลิตภัณฑ์มีดบ้านใหม่ให้มีชื่อเสียงประจำจังหวัดเพชรบูรณ์ เพื่อให้มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์เป็นแหล่งความรู้สำหรับเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ OTOP และถ่ายทอดการชุบทองให้กับชุมชน

5.3 การอภิปรายผล

จากการทดลองการชุบเคลือบผิวด้วยวิธีอโนไดซ์ได้ปัจจัยที่เหมาะสมคือ ค่าความต่างศักย์ 12 V. เวลา 20 นาที ได้ความเงางามและควรมีการเพิ่มสีสัน และพัฒนากับผลิตภัณฑ์อะลูมิเนียมรูปแบบอื่น และปัจจัยที่เหมาะสมในการชุบทอง 24 K. คือ 12 V. เวลา 2 นาที ซึ่งให้ความเงางามและควรเพิ่มผลิตภัณฑ์ในการชุบทองที่หลากหลาย เพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์สินค้ากลุ่มตีมีดบ้านใหม่และสินค้ากลุ่มสตรีกำพร้า อำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์

5.4 ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากการทดลองหาปัจจัยที่เหมาะสมในการชุบเคลือบผิวทางไฟฟ้าเคมี มีบางส่วนที่ต้องปรับปรุงแก้ไขเพื่อให้มีประสิทธิภาพในการทดลองมากขึ้นจึงเสนอแนวทางไว้ดังนี้

1. ควรออกแบบชุดทดลองในการชุบเคลือบผิวอลูมิเนียมพวงกุญแจรูปฝักมะขามด้วยการทำอโนไดซ์ ให้มีขนาดใหญ่ขึ้น เพื่อรองรับวัสดุที่มีขนาดใหญ่
2. ควรนำไปปรับปรุงให้ใช้กับผลิตภัณฑ์ที่หลากหลาย
3. ควรออกแบบชุดทดลองในการชุบทอง 24k ให้มีขนาดใหญ่ขึ้น กับวัสดุที่มีขนาดใหญ่เพื่อเพิ่มมูลค่าให้กับวัสดุที่ใหญ่
4. ควรนำไปปรับปรุงให้ใช้ได้กับผลิตภัณฑ์ที่หลากหลาย

บรรณานุกรม

- กลุ่มงานยุทธศาสตร์การพัฒนาจังหวัด. (2557). ยุทธศาสตร์การพัฒนาจังหวัดเพชรบูรณ์ 4 ปี (พ.ศ. 2558-2561). เพชรบูรณ์: สำนักงานจังหวัดเพชรบูรณ์.
- ซัชพงส์ กองมูล. บ้านหนองบัว. [online]. 2557. [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา <http://www.saklong.com/data%20villages/moo2.pdf>. [20 พฤศจิกายน 2557]
- ณรงค์ ตานานวัฒน์. ยุทธศาสตร์การวิจัย พ.ศ. 2555 – 2559 :: ภาคเหนือ. กรุงเทพฯ, 2554.
- ทินกร ครุณนารถ. รายงานข้อมูลวิสาหกิจชุมชนจังหวัดเพชรบูรณ์. เพชรบูรณ์ : สำนักงานเกษตรจังหวัดเพชรบูรณ์, 2555.
- ทิวา แก้วเสริม. (2551). การพัฒนาศักยภาพผู้ประกอบการผลิตภัณฑ์ชุมชนและท้องถิ่น (OTOP) จังหวัดเพชรบูรณ์. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ สถาบันวิจัยและพัฒนา. มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์.
- ไทยตำบลคอตคอม. ข้อมูลผลิตภัณฑ์ OTOP ในจังหวัดเพชรบูรณ์. [online]. 2558. [ระบบออนไลน์], <http://www.thaitambon.com/tambon/topcycatlist.asp>. [9 มกราคม 2558]
- ชนวรรณ ชมพู. (2550). ปัจจัยที่อิทธิพลต่อความต้องการซื้อสินค้าหนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์ในจังหวัดเพชรบูรณ์. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ สถาบันวิจัยและพัฒนา. มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์.
- ธนาคารกสิกรไทย. ธุรกิจของที่ระลึก ของชำร่วย และของพรีเมียม. [online]. 2556. แหล่งที่เข้าถึง : <http://startup.ksmcare.com/FileUpload/WebContentDownload/120110110312188.pdf>. [19 กรกฎาคม 2556]
- บุญชม ศรีสะอาด. (2545). วิธีการสร้างสถิติสำหรับการวิจัย. พิมพ์ครั้งที่ 6. กรุงเทพฯ : สุวีริยาสาส์น.
- ปริญญา ศรีสัตยกุล. (2553). เครื่องเคลือบสีอะลูมิเนียมโดยวิธีการอะโนไดซ์. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ.
- ปานฉัตต์ อินทร์คง. (2557). การพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่ระลึกชนเผ่าภาคเหนือเพื่อส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงเศรษฐกิจสร้างสรรค์: กรณีศึกษาชนเผ่าเย้า. วารสารศิลปกรรมศาสตร์วิชาการวิจัย และงานสร้างสรรค์. ปีที่ 1 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม-ธันวาคม 2557. หน้า 21-41.
- เพชรบูรณ์ เนตรประชา. การประมาณค่า. [online]. 2557. แหล่งที่เข้าถึง : http://www.ipesp.ac.th/learning/websatiti/chapter6/unit6_5_1.html. [30 ตุลาคม 2557]

- พิเชษฐ สุดาวรรณศักดิ์. (2553). การศึกษาเชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมเพื่อการตัดสินใจลงทุนผลิตแผงวงจรไฟฟ้าชนิดสองหน้า แบบเพลาททุโรไซด์ กรณีศึกษา ห้างหุ้นส่วนจำกัดคอนโทรลเลอร์รี่ เลิฟซ์. ปรินญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- เขวภา เลาทวีโชค. (2544). การศึกษาปัจจัยที่เหมาะสมในการชูปลูมิเนียม. วิทยานิพนธ์สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรม บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- สิทธิพร อารักษ์วรกุล. (2553). การศึกษาสถานะที่เหมาะสมในกระบวนการอะโนไดซ์พิสตันวาล์วด้วยวิธีการออกแบบและวิเคราะห์การทดลอง. วิทยานิพนธ์สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- สุชีรา ภักธาบุตรรัตน์. (2545). คู่มือการวัดทางจิตวิทยา. กรุงเทพฯ : เมดิคัลมีเดีย.
- เสาวนีย์ จันทร์เหนือ. (2553). การศึกษาความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม ในการย้ายกระบวนการประกอบ ชุดอุปกรณ์ช่วยขับในรถยนต์ ระหว่างสองผู้ส่งมอบ. ปรินญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- อรรถกร เก่งพล. (2555). การศึกษาความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมในการลงทุนผลิตตะขอเกี่ยวของบริเวณหัวหมอนของเบาะหน้ารถยนต์. ปรินญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- Suriwong Pornnipa, Nunocha Tawat and Thotsaphon Threrujirapong. **Development and Application of Anodized Aluminium for Selective Absorber in Evacuated Tube Collector (ETC).** วารสารมหาวิทยาลัยนเรศวร: วิทยาศาสตร์ และ เทคโนโลยี 22.2 (2014): 75-84.
- _____. ข้อมูลผลิตภัณฑ์ OTOP ในจังหวัดเพชรบูรณ์. [online]. 2557. แหล่งที่เข้าถึง : <http://www.thaitambon.com/tambon/topycatlist.asp>. [20 สิงหาคม 2557]
- _____. แบบสอบถามแบบมาตราประมาณ. [online]. 2557. แหล่งที่เข้าถึง : <http://meawapichaya098.wordpress.com/2011/07/05/แบบสอบถามแบบมาตราประมาณ/>. [30 ตุลาคม 2557]

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
รูปการถ่ายทอดเทคโนโลยี

ภาพประกอบการออกถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชน

1. ชุปโนไคซ์



2. ชูปตอง



ประวัติคณะผู้วิจัย

ประวัติคณะผู้วิจัย

1. ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) นางสาวสุวิมล เทียกทุม
(ภาษาอังกฤษ) Miss Suwimon Theakthum
2. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน 5-4406-00024-59-5
3. ตำแหน่งปัจจุบัน พนักงานสายวิชาการ (อาจารย์)
4. หน่วยงานและสถานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก
สังกัดสาขาวิชาวิศวกรรมการผลิต คณะเทคโนโลยีการเกษตร
โทรศัพท์ 056-717164 ต่อ 1608, 1609 โทรสาร 056-717164 E-mail mapheangvan@gmail.com
5. ประวัติการศึกษา
 - วศ.ม. (วิศวกรรมอาหาร) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
 - วศ.บ. (วิศวกรรมอุตสาหกรรม) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ
 - วิศวกรรมอาหาร
 - เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม
 - กรรมวิธีการผลิต
 - เข้าร่วมอบรม โครงการสร้างนักวิจัยรุ่นใหม่ (ลูกไก่รุ่น 2)
7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยระบุสถานภาพในการทำการวิจัยว่าเป็นผู้อำนวยการ โครงการวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละผลงานวิจัย
 - 7.1 ผู้อำนวยการ โครงการวิจัย : -
 - 7.2 หัวหน้าโครงการวิจัย :
 - การออกแบบและสร้างเครื่องเก็บรังไหมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการเก็บรังไหมจากจ่อหมูน. ทุนวิจัยมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ 2554
 - สาเหตุที่ทำให้นักศึกษาสาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิต หมู่เรียน 5511021371 มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ไม่ตั้งใจเรียน. ทุนวิจัยมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ 2556
 - การจำลองสถานการณ์เส้นทางการขนส่งนักศึกษาภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ เสนอขอทุนวิจัยมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ 2557
 - การพัฒนาบรรจุภัณฑ์กันกระแทกที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมจากแคลบสำหรับใช้ในการขนส่งของผู้ผลิตมะม่วงน้ำดอกไม้ดำปลอดมูลเหล็ก เสนอขอทุนวิจัยมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ 2558

7.3 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว :

- การออกแบบและสร้างเครื่องเก็บรังไหมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการเก็บรังไหมจากจ่อหมูน. ทุนวิจัยมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ 2554
- สาเหตุที่ทำให้นักศึกษาศาखाวิชาเทคโนโลยีการผลิต หมู่เรียน 5511021371 มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ไม่ตั้งใจเรียน. ทุนวิจัยมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ 2556
- การจำลองสถานการณ์เส้นทางการขนส่งนักศึกษาภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ เสนอขอทุนวิจัยมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ 2557
- การออกแบบและสร้างเครื่องทำแบบหล่อแบบเปลือกสำหรับเป็นสื่อการเรียนการสอน นำเสนอผลงานวิจัยภาคบรรยายในการประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ครั้งที่ 2 ประจำปี 2558

7.4 งานวิจัยที่กำลังทำ : การพัฒนาบรรจุภัณฑ์กันกระแทกที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมจากแกลบสำหรับใช้ในการขนส่งของผู้ผลิตมะม่วงน้ำดอกไม้ตำบลคงมูลเหล็ก เสนอขอทุนวิจัยมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ 2558

ประวัติคณะผู้วิจัย

1. ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) นายธรรม์ณชาติ วันแต่ง
(ภาษาอังกฤษ) Mr.Tannachart Wantang
2. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน 3-6009-00087-04-7
3. ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์ (พนักงานมหาวิทยาลัยสายวิชาการ)
4. หน่วยงานและสถานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และ ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (e-mail)
สาขาวิชาวิศวกรรมการผลิต คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ โทรศัพท์ 05671-7100 ต่อ 1610 โทรสาร 05671-7164
E-mail : tannachart@gmail.com
5. ประวัติการศึกษา
 - วศ.ม (เทคโนโลยีการขึ้นรูปโลหะ) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
 - วศ.บ (วิศวกรรมอุตสาหกรรม) มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
 - ใบประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุมสาขาวิศวกรรมอุตสาหกรรม ภอ.23477 สภาวิศวกร
6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ
 - วิศวกรรมการเกษตร
7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยระบุสถานภาพในการทำการวิจัยว่าเป็นหัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละผลงานวิจัย
 - 7.1 ผู้อำนวยการแผนงานวิจัย : ชื่อแผนงานวิจัย
-
 - 7.2 หัวหน้าโครงการวิจัย : ชื่อโครงการวิจัย
 - 7.2.1 การออกแบบและสร้างเครื่องคัดแยกขนาดละมุดแบบเพลลาหมุนวางคู่สำหรับเกษตรกรชาวสวนละมุด : กรณีศึกษาหมู่บ้านสวนละมุด ต.หนองไขว่ อ.หล่มสัก จ.เพชรบูรณ์, ทุนวิจัยงบประมาณแผ่นดิน พิจารณาจาก วช. 2559
 - 7.2.2 การพัฒนาเครื่องทำขนมฝิง, ทุนวิจัยสถาบันไทย-เยอรมันกับกระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 2557
 - 7.2.3 การออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ปั๊มโลหะเพื่อใช้ในกระบวนการผลิตสินค้าของที่ระลึก สินค้าหนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์ กลุ่มสตรีก้าวหน้า ต.สักหลง อ.หล่มสัก จ.เพชรบูรณ์, ทุนวิจัยมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ 2557
 - 7.2.4 การศึกษาปัจจัยที่เหมาะสมในการทำแผ่นเกราะกันกระสุนจากวัสดุงานประดับยนต์สำหรับทำเสื้อเกราะกันกระสุนป้องกันภัยคุกคามระดับ 3-3A, ทุนวิจัยมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ 2556

7.2.4 เครื่องบรรจุดินใส่ถุงเพาะชำกล้ายางพารา, ทุนวิจัยมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ 2554

7.2.5 การเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการการทำงานเป็นกลุ่มในการสร้างแม่พิมพ์โลหะให้สำเร็จ, ทุนวิจัยมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ 2553

7.2.6 การศึกษาการใช้แผ่นคาร์บอน - เคฟล่าในงานประดับยนต์เพื่อใช้ทำเสื้อเกราะกันกระสุน ระดับ 2, ทุนวิจัยมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ 2553

7.2.7 การเพิ่มประสิทธิภาพความแข็งแรงของแผ่นเหล็กในเสื้อเกราะกันกระสุนโดยทำการเคลือบผิวฟิล์มแข็ง, ทุนวิจัยมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ 2552

7.2.8 การออกแบบและพัฒนาเครื่องคว่ำข้าวใหม่มีงบประมาณความชื้นด้วยลมร้อนผสมกับกลิ่นกาแฟ, ทุนโครงการ IRPUS สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ประจำปี 2552

7.3 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว : ชื่อผลงานวิจัย ปีที่พิมพ์ การเผยแพร่ และแหล่งทุน (อาจมากกว่า 1 เรื่อง)

7.3.1 การออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ปั๊มโลหะเพื่อใช้ในกระบวนการผลิตสินค้าของที่ระลึกพวงกุญแจโลหะรูปฝักมะขาม กลุ่มสตรีก้าวหน้า อ.หล่มสัก จ.เพชรบูรณ์ และสำรวจความพึงพอใจในผลิตภัณฑ์ วารสารวิชาการคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมมหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง. ๒๕๕๘; ๘(๑).

7.3.2 การศึกษาปัจจัยที่เหมาะสมในการพัฒนาวัสดุจากงานประดับยนต์สำหรับทำเสื้อเกราะกันกระสุน ระดับ 2 ที่มีค่าเบี่ยงเบนเชิงเนเจอร์ต่ำผิง. ใน: รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการระดับชาติและนานาชาติ ราชภัฏวิจัย ครั้งที่ ๓ วันที่ ๒๐-๒๒ พฤษภาคม ๒๕๕๘; ม.ราชภัฏนครศรีธรรมราช. ๒๕๕๘

7.3.3 ชุดตัดแป่งทำขนมผิงลงถาด. (๒๕๕๘). อนุสิทธิบัตรไทย เลขที่ ๙๗๙๙. กรุงเทพฯ: กรมทรัพย์สินทางปัญญากระทรวงพาณิชย์.

7.3.4 การออกแบบและสร้างเครื่องผลิตไบโอดีเซลสำหรับใช้เป็นสื่อการเรียนการสอนวิชาการจัดการพลังงานในโรงงานอุตสาหกรรม ใน: รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการระดับชาติมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ครั้งที่ ๒ วันที่ ๑๔ กุมภาพันธ์ ๒๕๕๘; มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์. หน้า ๖๖-๗๐.

7.3.5 การพัฒนาเครื่องกรอกดินใส่ถุงเพาะชำกล้ายางพารา รุ่น ๒. วารสารสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ๒๕๕๗; ๒๐(๒): ๘-๑๔.

7.3.6 แผ่นเกราะกันกระสุนจากวัสดุคาร์บอนไฟเบอร์. (๒๕๕๗). อนุสิทธิบัตรไทย เลขที่ 9250. กรุงเทพฯ: กรมทรัพย์สินทางปัญญากระทรวงพาณิชย์.

7.3.7 Study of factors affecting artificial and aging of 6061 aluminium alloy by factorial design. In: Conference on interdisciplinary business and economics research, 2014 Sep 27-28; Hong Kong; 2014.

7.3.8 การออกแบบและสร้างเครื่องทำขนมผิง. ใน: รายงานสืบเนื่องจากการประชุมทางวิชาการระดับชาติ พะเยาวิจัย ครั้งที่ ๓ วันที่ ๒๓-๒๔ มกราคม ๒๕๕๗; กองบริหารงานวิจัยและประกันคุณภาพการศึกษา มหาวิทยาลัยพะเยา. พะเยา; ๒๕๕๗. หน้า ๕๑๕-๕๒๒.

7.3.9 การออกแบบและสร้างเครื่องกรอกดินใส่ถุงเพาะชำกล้ายางพารา. วารสารราชภัฏเพชรบูรณ์สาร ๒๕๕๖; ๑๕(๒): ๓๐-๓๗.

7.3.10 การศึกษาปัจจัยที่เหมาะสมในการใช้วัสดุในงานประดับยนต์สำหรับทำแผ่นเกราะกันกระสุน ระดับ ๒ โดยออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียล ๒^๒ ที่ระดับความเชื่อมั่น ๙๕%. วารสารมหาวิทยาลัยนเรศวร ๒๕๕๖; ๒๑(๑): ๑-๘.

7.3.6 เสื้อเกราะกันกระสุนอินทิล ในงาน: มหกรรมการนำเสนอผลงานวิจัยแห่งชาติ ๒๕๕๖ วันที่ ๒๓-๒๗ สิงหาคม ๒๕๕๖; สำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ (วช.). **ศูนย์ประชุมบางกอกคอนเวนชันเซ็นเตอร์ เซ็นทรัลเวิลด์** กรุงเทพฯ: ๒๕๕๖.

7.3.11 เครื่องกรอกดินใส่ถุงเพาะชำกล้ายางพารา ในงาน: การนำเสนอผลงานวิจัยแห่งชาติ ๒๕๕๕ วันที่ ๒๔-๒๘ สิงหาคม ๒๕๕๕; สำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ (วช.). **ศูนย์ประชุมบางกอกคอนเวนชันเซ็นเตอร์ เซ็นทรัลเวิลด์** กรุงเทพฯ: ๒๕๕๕.

7.3.12 การศึกษาประสิทธิภาพของวัสดุฟิล์มแข็งเคลือบผิวในการเพิ่มความแข็งแรงของแผ่นเหล็กในเสื้อเกราะกันกระสุน, ราชภัฏเพชรบูรณ์สาร ปีที่ ๑๓ ฉบับที่ ๑, ๒๕๕๔. หน้า ๔๐-๔๕.

7.4 งานวิจัยที่กำลังทำ : ชื่อข้อเสนอการวิจัย แหล่งทุน และสถานภาพในการทำวิจัยว่าได้ทำการวิจัยลุล่วงแล้วประมาณร้อยละเท่าใด