

การเปรียบเทียบธาตุผสมระหว่างแร่เหล็กรูปน้ำผึ้ง จังหวัดอุดรดิตถ์  
และแร่เหล็กตำบลบุษม อำเภอเชียงคาน จังหวัดเลย  
COMPARISON OF ALLOYING ELEMENTS BETWEEN  
NAM PHI IRON ORE IN UTTARDIT PROVINCE AND IRON ORE  
OF BU HOM SUB-DISTRICT, CHIANG KHAN DISTRICT,  
LOEI PROVINCE

วันรับ: 19 กันยายน 2562  
วันแก้ไข: 29 ตุลาคม 2562  
วันตอบรับ: 21 พฤศจิกายน 2562

อดุลย์ พุกอินทร์<sup>1\*</sup>

Adun Phuk-in<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>หลักสูตรเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม  
มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์

<sup>1</sup>Industrial Technology Program, Faculty of Industrial Technology,  
Uttaradit Rajabhat University

\*Correspondent author e-mail: Adun999@gmail.com



## บทคัดย่อ

การวิจัยนี้ได้ทำการสืบค้นแหล่งแร่รูปน้ำผึ้งในพื้นที่จังหวัดอุดรดิตถ์ และแหล่งแร่เหล็กตำบลบุษม อำเภอเชียงคาน จังหวัดเลย ได้มีการสำรวจ การขุดแร่ แร่ที่ได้มาทดสอบค่าปริมาณร้อยละของเหล็ก (Fe) ทางเคมี พบว่า แร่เหล็กรูปน้ำผึ้งมีธาตุเหล็ก (Fe) เท่ากับ 68.40 แร่เหล็กตำบลบุษม อำเภอเชียงคานมีธาตุเหล็ก (Fe) เท่ากับ 67.10 โดยการนำแร่ที่ขุดได้มาย่อยแร่และการถลุง โดยใช้เตาแบบผสมผสานวิธีการแบบโบราณ และขึ้นรูปแท่งโดยวิธีการตีขึ้นรูปพบว่า น้ำหนักที่ได้จากการขึ้นรูปของเหล็กรูปน้ำผึ้งเท่ากับ 0.95 กิโลกรัม เหล็กตำบลบุษม อำเภอเชียงคาน มีน้ำหนัก 1.4 กิโลกรัม ขึ้นทดสอบของเหล็กทั้ง 2 แหล่งนำมาวิเคราะห์ปริมาณธาตุผสม พบว่า ค่าปริมาณธาตุคาร์บอน (C) ของเหล็กรูปน้ำผึ้งมีร้อยละ 0.0358 เหล็กตำบลบุษม อำเภอเชียงคาน มีค่าคาร์บอนร้อยละ 0.0178 ที่ไม่ต่างกันมาก ส่วนค่าปริมาณซิลิคอน (Si) ธาตุแมงกานีส (Mn) ธาตุโครเมียม (Cr) และธาตุทองแดง (Cu) ของเหล็กรูปน้ำผึ้งมีมากกว่าเหล็กตำบลบุษม อำเภอเชียงคาน การวิจัยจึงเป็นไปตามวัตถุประสงค์การวิจัย

**คำสำคัญ:** สินแร่เหล็ก, สิม่าไทต์, ปริมาณเหล็ก, ปริมาณคาร์บอน



## Abstract

This research was conducted to search for sources of Nam Phi iron ore found in Uttaradit Province and sources of iron ore of Bu Hom Sub-District, Chiang Khan District, Loei Province by surveying mining. Obtained ore was tested to find chemical percentage of iron (Fe), it was found that Nam Phi iron ore contained iron (Fe) of 68.40% while iron ore of Bu Hom Sub-District, Chiang Khan District contained iron (Fe) of 67.10%. Mined ore was crushed and smelted by using an integrated furnace based on an ancient method and bar forging. It was found that the weight of Nam Phi iron was 0.95 kilogram and the weight of iron of Bu Hom Sub-District, Chiang Khan District was 1.4 kilogram. Test pieces of iron from both sources were tested to find the content of alloying element. It was found that the content of Carbon (C) of Nam Phi iron was 0.0358% therefore Nam Phi iron was ductile and formable for producing appliances but it still lacked of good property on hardening. Similarly, iron of Bu Hom Sub-District, Chiang Khan District, contained similar content of Carbon. For content of Silicon (Si), Manganese (Mn), and Chromium (Cr) of Nam Phi iron that was higher than that of iron of Bu Hom Sub-District, Chiang Khan District, Nam Phi iron had better efficiency on mechanical property. Importantly, Nam Phi iron had higher content of Copper (Cu) than that of Nam Phi by 0.102% averagely therefore Nam Phi iron could resist corrosion properly. The results obtained from this calculation of alloying element of these 2 sources revealed that iron from both sources had good capability on mechanical operation of iron.

**Keywords:** Iron Ore, Hematite, Iron Content, Carbon Content



## บทนำ

แร่เหล็กมีอยู่หลายชนิดที่ถูกค้นพบ ซึ่งแต่ละชนิดจะให้ค่าร้อยละของเหล็กที่แตกต่างกัน ซึ่งจะมากหรือน้อยแล้วแต่ชนิดของแร่เหล็ก มีนักวิชาการแบ่งชนิดของแร่เหล็ก คือ แร่เหล็กแมกนีไทต์ (Magnetite) มีสูตรทางเคมี  $Fe_3O_4$  แร่เหล็กไลมอนไนต์ (Limonite) มีสูตรทางเคมี  $Fe_2O_3 \cdot nH_2O$  แร่เหล็กไพไรต์ (Pyrite) มีสูตรทางเคมี  $FeS_2$  แร่เหล็กซิเดอไรต์ (Siderite) มีสูตร

ทางเคมี  $\text{FeCO}_3$  และในพื้นที่บ้านน้ำพี้ พบแร่เหล็กน้ำพี้ เป็นชนิด ฮีมาไทต์ (Hematite) มีสูตรทางเคมี  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (Peters & Hoffmann, 2016; อดุลย์ พุกอินทร์, 2561) ซึ่งสอดคล้องกับการวิจัยปี 2559 (อดุลย์ พุกอินทร์, 2559) ในการนำแร่เหล็กน้ำพี้ทดสอบยังสำนักงานอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่เขต 3 จำนวน 2 แห่ง (อดุลย์ พุกอินทร์, 2016, 2018) คือ แร่เหล็กน้ำพี้ในบริเวณพิพิธภัณฑ์บ่อเหล็กน้ำพี้ ซึ่งปัจจุบันไม่อนุญาตให้ประชาชนและผู้ประกอบการขุดแร่เหล็ก (เนื่องจากการอนุรักษ์ของจังหวัด) พบค่าร้อยละของเหล็กเฉลี่ยเท่ากับ 61.85 และแหล่งแร่เหล็กน้ำพี้ในแหล่งขุดแร่ปัจจุบันที่มีการขุดอยู่บริเวณด้านหลังพิพิธภัณฑ์ ซึ่งเป็นบริเวณที่ขุดแร่เหล็กมาใช้งานทำผลิตภัณฑ์ในปัจจุบัน พบค่าร้อยละของเหล็กเฉลี่ยเท่ากับ 59.06 (อดุลย์ พุกอินทร์, 2558) ซึ่งแร่เหล็กทั้ง 2 แห่ง ให้ค่าร้อยละของเหล็กที่ไม่แตกต่างกันมาก และในพิพิธภัณฑ์ยังพบร่องรอยการขุดแร่ในอดีต คือ บ่อพระแสง และบ่อพระขรรค์ ที่มีการสืบทอดเกี่ยวกับความรู้ ซึ่งแร่เหล็กน้ำพี้ทั้ง 2 บ่อ เป็นแหล่งแร่เหล็กที่นำแร่มาถลุงเพื่อทำพระขรรค์ และดาบเหล็กน้ำพี้ เพื่อนำถวายพระมหากษัตริย์ในสมัยโบราณ ตามคำบอกเล่าสืบทอดกันมา การถลุงในประเทศฝั่งยุโรปปัจจุบันใช้เตาสูงในการถลุงแร่เหล็ก ใช้เชื้อเพลิงถ่านโค้ก (Coke) หินปูน (Limestone) ทำให้เกิดความร้อนที่มีอุณหภูมิสูง (อดุลย์ พุกอินทร์, 2561; Dong, Guangwu, Yongfu, John, & Chenn, 2016; สุวัฐชัย วัชรถาวรศักดิ์ และ อดุลย์ พุกอินทร์, 2558) ทำให้เกิดการหลอมละลาย จะได้เหล็กดิบ (Pig Iron)

การถลุงแร่เหล็กน้ำพี้ในอดีตของชาวบ้านน้ำพี้ ใช้เตาที่สร้างขึ้นจากการปั้นโดยใช้ดินเหนียวผสมกับวัสดุที่มีในท้องถิ่น ซึ่งพบได้จากร่องรอยของเตาถลุงที่พบในพื้นที่ มีรูปทรงกระบอกมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 60-70 เซนติเมตร ความสูง 80 เซนติเมตร ใช้แรงดันลมจากการอัดอากาศในวัตตุรูปทรงกระบอกจำนวน 1-2 ลูก ใช้แรงงานคนในการสร้างแรงลม (อดุลย์ พุกอินทร์, 2561) แสดงดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 แสดงซากเตาถลุงและการถลุงเหล็กน้ำพี้ในอดีต (อดุลย์ พุกอินทร์, 2561)

จากข้อมูลด้านวัตถุที่พบในหมู่บ้านน้ำพี้จึงเป็นหลักฐานที่พิสูจน์ได้ว่า พื้นที่ดังกล่าว เป็นแหล่งถลุงแร่เหล็กที่ใหญ่ และดีที่สุดในประเทศไทยตั้งแต่สมัยอดีตถึงปัจจุบัน (อดุลย์ พุกอินทร์, 2561; สุวิรัชชัย วัชรถาวรศักดิ์ และ อดุลย์ พุกอินทร์, 2558) (รูปที่ 2) เทียบเท่าเหล็กที่ใช้ในต่างประเทศ และในประเทศที่พบในแหล่งต่างๆ (Pahlevaninezhad, Emami, & Panjepour, 2016; อนุวัฒน์ จุติลาภถาวร, 2552) เนื่องจากความต้องการใช้งานที่มีมากในอดีต จึงใช้เป็นวัตถุดิบในการสร้างผลิตภัณฑ์ชนิดต่างๆ และจากปัญหาความต้องการใช้งานที่มีมาตั้งแต่อดีตถึงปัจจุบัน และการขาดซึ่งข้อมูลที่เป็นเชิงวิชาการ เช่น การวิเคราะห์ปริมาณธาตุผสมจากแหล่งแร่ที่พบในพื้นที่ และต่างพื้นที่

การวิจัยนี้จึงจะทำการสืบค้นแหล่งแร่จำนวน 2 แหล่ง คือ แหล่งแร่เหล็กน้ำพี้ อำเภอทองแสนขัน จังหวัดอุดรดิตถ์ และแหล่งแร่เหล็กตำบลดุขุม อำเภอเชียงคาน จังหวัดเลย โดยมีการถลุงแร่ การขึ้นรูปแท่งกับกลุ่มวิสาหกิจชุมชนดาบเหล็กน้ำพี้ เพื่อเตรียมชิ้นงานวิเคราะห์ปริมาณธาตุผสม โดยใช้เครื่องสเปกโตรมิเตอร์ (Spectrometer) ซึ่งผลของการวิเคราะห์ที่ได้จะนำมาวิเคราะห์ห่อภิปราย เพื่อใช้เป็นข้อมูลการสร้างประสิทธิภาพด้านผลิตภัณฑ์ที่ดี



รูปที่ 2 แสดงการถลุงแร่เหล็กในพื้นที่บ้านน้ำพี้



### วัตถุประสงค์การวิจัย

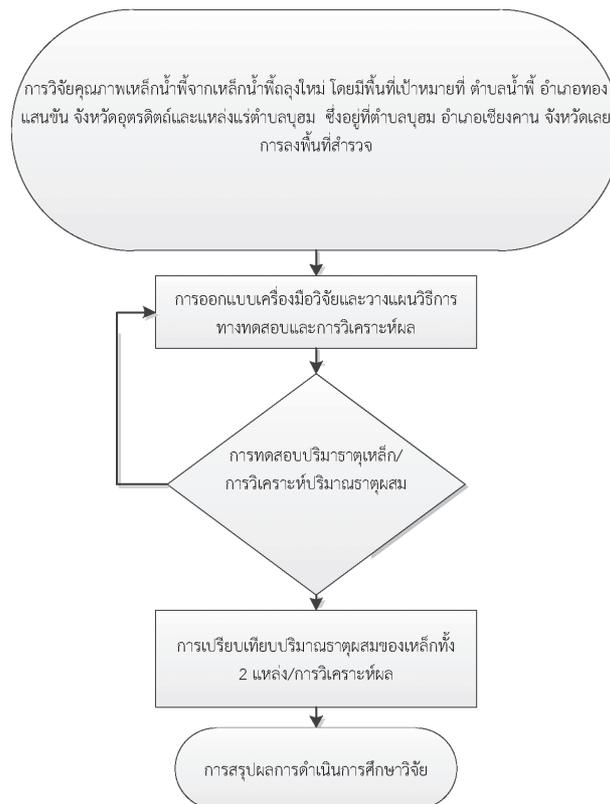
1. เพื่อสืบค้นแหล่งแร่ จำนวน 2 แหล่ง คือ แร่เหล็กน้ำพี้ จังหวัดอุดรดิตถ์ และแร่เหล็กตำบลดุขุม อำเภอเชียงคาน จังหวัดเลย
2. เพื่อทดลองถลุงขึ้นรูป และวิเคราะห์ปริมาณธาตุผสมในสินแร่เหล็กจากแหล่งที่สืบค้น
3. เพื่อเปรียบเทียบปริมาณธาตุผสมของแร่เหล็กทั้ง 2 แหล่ง

## สมมติฐานการวิจัย

สมมติฐานการวิจัย จะทำการการศึกษาแหล่งแร่ทั้ง 2 แหล่ง คือ แร่เหล็กน้ำพี้ จังหวัดอุดรดิตต์ และแร่เหล็กที่ตำบลบุม อำเภอเชียงคาน จังหวัดเลย ด้านผลปริมาณร้อยละธาตุเหล็ก (Fe) ของการวิเคราะห์ทางเคมีก่อนการถลุงที่มีความแตกต่างกันมากหรือน้อยเพียงใด และหลังจากการถลุงและขึ้นรูปขึ้นทดสอบจะทำการวิเคราะห์ผลด้านปริมาณธาตุผสมของเหล็กที่ได้จากการถลุงทั้ง 2 แหล่ง

## วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้จะทำการการศึกษาแหล่งแร่เหล็กน้ำพี้ ซึ่งมีแหล่งแร่อยู่ที่ตำบลน้ำพี้ อำเภอทองแสนขัน จังหวัดอุดรดิตต์ และแหล่งแร่ตำบลบุม ซึ่งอยู่ที่ตำบลบุม อำเภอเชียงคาน จังหวัดเลย โดยจะทำการลงพื้นที่สืบค้นแหล่งแร่ ขุดแร่ แต่งแร่ และทำการถลุงขึ้นรูปขึ้นทดสอบแร่ดิบที่ได้นำไปทดสอบปริมาณแร่เหล็กทางเคมี และขึ้นทดสอบนำไปวิเคราะห์ปริมาณธาตุผสมและนำผลมาเปรียบเทียบธาตุที่เกิดจากการวิเคราะห์ ดังแสดงรูปที่ 3



รูปที่ 3 แสดงแผนการวิจัย

1. การลงพื้นที่แหล่งแร่เหล็กน้ำพี้ ได้สำรวจข้อมูลในพื้นที่ตำบลน้ำพี้ อำเภอทองแสนขัน จังหวัดอุดรธานี ซึ่งเป็นหมู่บ้านที่มีการผลิตผลิตภัณฑ์เหล็กน้ำพี้ในพื้นที่มากที่สุด (อดุลย์ พุกอินทร์, 2558, 2561; อนุวัฒน์ จุติลาภถาวร, 2552) จากกระบวนการนำแร่เหล็กน้ำพี้ มาถลุงในเตาถลุง และการตีขึ้นรูป ได้ผลิตภัณฑ์ในรูปแบบของ ดาบเหล็กน้ำพี้ พระขรรค์เหล็กน้ำพี้ และมีดเหล็กน้ำพี้ในปัจจุบัน และยังมีการขุดแร่เพื่อการใช้งาน แสดงดังรูปที่ 4 การลงพื้นที่แหล่งแร่



รูปที่ 4 แสดงการลงพื้นที่ค้นหาแหล่งแร่เหล็กน้ำพี้

2. การลงพื้นที่เก็บตัวอย่างแร่ตำบลชุม ซึ่งตั้งอยู่ที่ตำบลชุม อำเภอเขียงคาน จังหวัดเลย พบแหล่งแร่ที่จังหวัดเลย มีสายแร่เหล็กเป็นจำนวนมาก เช่น แหล่งภูอ่าง แหล่งบ้านหนองผ่า แหล่งภูเฮี้ยะ ตำบลชุม เป็นต้น (จำลอง ปินตาวงศ์, 2562; กรมทรัพยากรธรณี, 2552) การวิจัยเลือกพื้นที่ตำบลชุม แบบเจาะจง การสำรวจแร่ได้ประสานผู้รู้ในพื้นที่ บริษัท พาลิน จำกัด ผู้ได้รับอนุญาตประทานบัตรเหมืองแร่เหล็ก เพื่อทำการขุดแร่ การย่อยแร่ เพื่อเตรียมการถลุงในขั้นตอนการวิจัยในเตาถลุงแบบผสมผสาน แสดงดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 แสดงการเก็บตัวอย่างแร่ตำบลชุม อำเภอเขียงคาน จังหวัดเลย

3. การถลุงแร่เหล็ก การถลุงจะใช้ตัวอย่างแร่ที่ผ่านการย่อยแร่แหล่งละ 20 กิโลกรัม ใช้เครื่องเป่าลมขนาด 1 แรงม้า (Hp) จำนวน 1 ตัว การถลุงใช้การควบคุมแรงดันลมเข้าเตาถลุงปริมาณที่เท่ากัน ใช้เชื้อเพลิงถ่านไม้จำนวน 20 กิโลกรัม/เตาถลุง (อดุลย์ พุกอินทร์, 2559, 2561) การถลุงแสดงดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 แสดงแร่เหล็กที่ถลุงแร่ด้วยเตาถลุงแบบผสมผสาน

จากรูปที่ 6 แสดงการถลุงแร่เหล็กน้ำพี้ และแร่เหล็กตำบลชุม อำเภอเขียงคาน เมื่อถลุงแร่จะได้เหล็กพูน (Pig iron) วิธีการจากนี้จะนำไปขึ้นรูปแท่งเพื่อสร้างชิ้นทดสอบในพื้นที่บ้านน้ำพี้ กับกลุ่มวิสาหกิจชุมชนดาบเหล็กน้ำพี้



## ผลการวิจัย

จากการสำรวจพื้นที่แหล่งแร่เหล็กน้ำพี้ และแหล่งแร่เหล็กตำบลชุม มีการขุดแร่ การแต่งแร่ การถลุงแร่เหล็ก และการขึ้นรูปแท่งกับกลุ่มวิสาหกิจชุมชนดาบเหล็กน้ำพี้ แท่งเหล็กนำมาวัดปริมาณน้ำหนัก และนำวิเคราะห์ปริมาณธาตุ ผลการวิจัยแสดงดังนี้

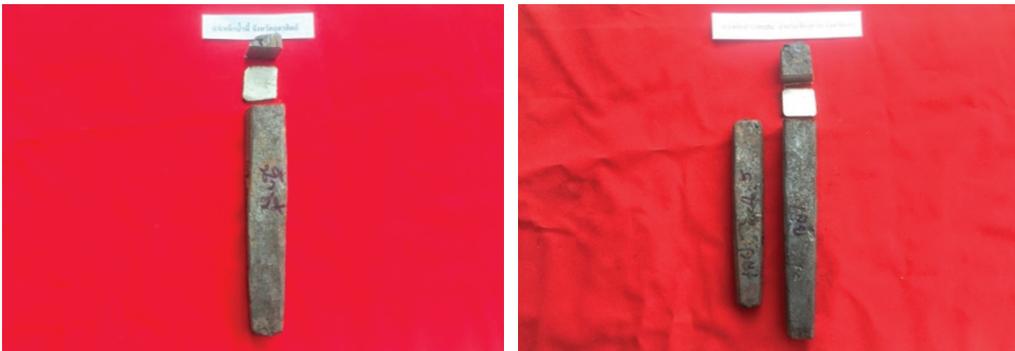
1. ผลจากการถลุงแร่เหล็ก และขึ้นรูปแท่งเหล็กทั้ง 2 แหล่ง ขั้นตอนนี้มีการวัดปริมาณน้ำหนักที่ได้จากการถลุงในแต่ละแหล่งแร่ โดยการวัดปริมาณน้ำหนักหน่วยวัดกิโลกรัม ปริมาณเหล็กที่ได้แต่ละแหล่งแสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงปริมาณแร่เหล็กที่ถลุงทั้ง 2 แหล่งแร่

แหล่งแร่เหล็ก	ปริมาณเหล็กที่ถลุงได้ (กิโลกรัม)
แร่เหล็กน้ำพี้ อำเภอทองแสนขัน	0.95
แร่เหล็กตำบลชุม อำเภอเขียงคาน	1.40

จากตารางที่ 1 แสดงปริมาณแร่เหล็กที่ถลุงได้เป็นแท่งเหล็กในแต่ละแหล่งแร่ พบว่า แหล่งแร่ให้ปริมาณเหล็กที่แตกต่างกันร้อยละ 19.15 (แท่งเหล็กจากแร่ทั้ง 2 แหล่งแร่ ดังแสดง รูปที่ 7) โดยแร่เหล็กน้ำพี้ อำเภอทองแสนขัน ได้ปริมาณเหล็กที่ถลุงได้เท่ากับ 0.95 กิโลกรัม และแร่เหล็กตำบลบุสม อำเภอเชียงคาน ได้ปริมาณเหล็กที่ถลุงได้เท่ากับ 1.40 กิโลกรัม ซึ่งมีความสอดคล้องกับการนำแร่เหล็กก่อนการถลุงตรวจสอบปริมาณธาตุเหล็กที่สำนักงานอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่เขต 3 จังหวัดเชียงใหม่ ผลการวิเคราะห์ พบว่า แร่เหล็กน้ำพี้มีปริมาณ แร่เหล็กร้อยละ 68.40 แร่เหล็กตำบลบุสม อำเภอเชียงคาน มีปริมาณแร่เหล็ก ร้อยละ 67.10 โดยทั้ง 2 ชนิดเป็นแร่ชนิดฮีมาไทต์ (Hematite)

2. การวิเคราะห์เพื่อหาปริมาณธาตุผสมด้วยเครื่องสเปกโตรมิเตอร์ (Spectrometer) ซึ่งจะแสดงถึงปริมาณธาตุผสมจากการวิเคราะห์ ซึ่งจะเก็บค่าปริมาณธาตุเหล็ก (Fe) ปริมาณ ธาตุคาร์บอน (C) ปริมาณธาตุซิลิคอน (Si) ปริมาณธาตุแมงกานีส (Mn) ปริมาณธาตุโครเมียม (Cr) ปริมาณธาตุโมลิบดีนัม (Mo) ปริมาณธาตุนิเกิล (Ni) ปริมาณธาตุอะลูมิเนียม (Al) ปริมาณ ธาตุโคบอลต์ (Co) ปริมาณธาตุทองแดง (Cu) ปริมาณธาตุวาเนเดียม (V) และปริมาณธาตุ ทั้งสแตน (W) ที่ผสมในเหล็กน้ำพี้ และเหล็กตำบลบุสม อำเภอเชียงคาน แสดงผลดังนี้



รูปที่ 7 แสดงแท่งเหล็กทั้ง 2 แหล่งแร่

2.1 ผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุผสมในเหล็กน้ำพี้ เพื่อสืบทราบการวิเคราะห์ ปริมาณธาตุเหล็ก (Fe) ปริมาณธาตุคาร์บอน (C) ปริมาณธาตุซิลิคอน (Si) ปริมาณธาตุแมงกานีส (Mn) ปริมาณธาตุโครเมียม (Cr) ปริมาณธาตุโมลิบดีนัม (Mo) ปริมาณธาตุนิเกิล (Ni) ปริมาณ ธาตุอะลูมิเนียม (Al) ปริมาณธาตุโคบอลต์ (Co) ปริมาณธาตุทองแดง (Cu) ปริมาณธาตุวาเนเดียม (V) และปริมาณธาตุทั้งสแตน (W) ที่ผสมในเหล็กน้ำพี้ แสดงผลดังตารางที่ 2

## ตารางที่ 2 แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุในเหล็กน้ำที่

ครั้ง	Fe%	C%	Si%	Mn%	Cr%	Mo%	Ni%	Al%	Co%	Cu%	V%	W%
1	99.503	0.0358	0.142	0.0351	0.0084	0.0051	0.0264	0.0151	0.0303	0.101	0.00092	0.0002
2	99.503	0.0418	0.121	0.0246	0.0080	0.0053	0.0270	0.0135	0.0294	0.105	0.00069	0.0002
3	99.503	0.0298	0.112	0.0224	0.0077	0.0051	0.0263	0.0092	0.0289	0.098	0.00063	0.0002
ค่าเฉลี่ย	99.503	0.0358	0.125	0.0262	0.0081	0.0051	0.0266	0.0126	0.0299	0.102	0.00075	0.0002

จากตารางที่ 2 แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุผสมในเหล็กน้ำที่ พบว่า มีปริมาณธาตุเหล็ก (Fe) เฉลี่ยเท่ากับ 99.503 มีปริมาณธาตุคาร์บอน (C) เฉลี่ยเท่ากับ 0.0358 มีปริมาณซิลิคอน (Si) เฉลี่ยเท่ากับ 0.125 มีปริมาณธาตุแมงกานีส (Mn) เฉลี่ยเท่ากับ 0.0262 มีปริมาณธาตุโครเมียม (Cr) เฉลี่ยเท่ากับ 0.0081 มีปริมาณธาตุโมลิบดีนัม (Mo) เฉลี่ยเท่ากับ 0.0051 มีปริมาณธาตุนิเกิล (Ni) เฉลี่ยเท่ากับ 0.0266 มีปริมาณธาตุอะลูมิเนียม (Al) เฉลี่ยเท่ากับ 0.0126 มีปริมาณธาตุโคบอลต์ (Co) เฉลี่ยเท่ากับ 0.0299 มีปริมาณธาตุทองแดง (Cu) เฉลี่ยเท่ากับ 0.102 มีปริมาณธาตุวานาเดียม (V) เฉลี่ยเท่ากับ 0.00075 และมีปริมาณธาตุทังสแตน (W) เฉลี่ยเท่ากับ 0.0002

2.2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุผสมในเหล็กตำบลชุม อำเภอเขียงคาน เพื่อสืบทราบการวิเคราะห์ปริมาณธาตุเหล็ก (Fe) ปริมาณธาตุคาร์บอน (C) ปริมาณธาตุซิลิคอน (Si) ปริมาณธาตุแมงกานีส (Mn) ปริมาณธาตุโครเมียม (Cr) ปริมาณธาตุโมลิบดีนัม (Mo) ปริมาณธาตุนิเกิล (Ni) ปริมาณธาตุอะลูมิเนียม (Al) ปริมาณธาตุโคบอลต์ (Co) ปริมาณธาตุทองแดง (Cu) ปริมาณธาตุวานาเดียม (V) และปริมาณธาตุทังสแตน (W) ที่ผสมในเหล็กตำบลชุม อำเภอเขียงคาน แสดงผลดังตารางที่ 3

## ตารางที่ 3 แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุผสมในเหล็กตำบลชุม อำเภอเขียงคาน

ครั้ง	Fe%	C%	Si%	Mn%	Cr%	Mo%	Ni%	Al%	Co%	Cu%	V%	W%
1	99.7	0.0218	0.954	0.0065	0.0039	0.0056	0.0054	0.0209	0.0069	0.0472	0.00036	0.0012
2	99.7	0.128	0.151	0.0088	0.0035	0.0047	0.0033	0.0296	0.0047	0.0398	0.00087	0.0024
3	99.7	0.0188	0.119	0.0053	0.0026	0.0043	0.0016	0.0244	0.0043	0.0385	0.00050	0.0031
ค่าเฉลี่ย	99.70	0.0178	0.122	0.0066	0.0033	0.0049	0.0035	0.0249	0.0053	0.0418	0.00058	0.0022

จากตารางที่ 3 แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุผสมในเหล็กตำบลบุษย อำเภอเขียงคาน พบว่า มีปริมาณธาตุเหล็ก (Fe) เฉลี่ยเท่ากับ 99.70 มีปริมาณธาตุคาร์บอน (C) เฉลี่ยเท่ากับ 0.0178 มีปริมาณซิลิคอน (Si) เฉลี่ยเท่ากับ 0.122 มีปริมาณธาตุแมงกานีส (Mn) เฉลี่ยเท่ากับ 0.0066 มีปริมาณธาตุโครเมียม (Cr) เฉลี่ยเท่ากับ 0.0033 มีปริมาณธาตุโมลิบดีนัม (Mo) เฉลี่ยเท่ากับ 0.0049 มีปริมาณธาตุนิเกิล (Ni) เฉลี่ยเท่ากับ 0.0035 มีปริมาณธาตุอะลูมิเนียม (Al) เฉลี่ยเท่ากับ 0.0249 มีปริมาณธาตุโคบอลต์ (Co) เฉลี่ยเท่ากับ 0.0053 มีปริมาณธาตุทองแดง (Cu) เฉลี่ยเท่ากับ 0.0418 มีปริมาณธาตุวานาเดียม (V) เฉลี่ยเท่ากับ 0.00058 และมีปริมาณธาตุทังสเตน (W) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.0022



### อภิปรายผลการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการสืบค้นแหล่งแร่เหล็ก เพื่อเปรียบเทียบค่าร้อยละของธาตุเหล็กก่อนการถลุง ปริมาณการถลุง และการวิเคราะห์ปริมาณธาตุผสมของตัวอย่างเหล็กน้ำพี้ อำเภอทองแสนขัน กับเหล็กตำบลบุษย อำเภอเขียงคาน ของเหล็กทั้ง 2 แหล่ง จากการถลุงได้ปริมาณเหล็กที่แตกต่างกัน คือ เหล็กตำบลบุษย อำเภอเขียงคาน ได้ปริมาณที่มากกว่าเหล็กน้ำพี้ร้อยละ 19.15 ด้านการวิเคราะห์ปริมาณธาตุผสมในเหล็กทั้ง 2 แหล่ง พบว่าเหล็กที่มีปริมาณธาตุเหล็ก (Fe) มากที่สุด คือ เหล็กตำบลบุษย อำเภอเขียงคาน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 99.70 เหล็กที่มีปริมาณธาตุคาร์บอน (C) มากที่สุด คือ เหล็กน้ำพี้มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.0358 เหล็กที่มีปริมาณซิลิคอน (Si) มากที่สุด คือ เหล็กน้ำพี้มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.125 เหล็กที่มีปริมาณธาตุแมงกานีส (Mn) มากที่สุด คือ เหล็กน้ำพี้มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.0262 เหล็กที่มีปริมาณธาตุโครเมียม (Cr) มากที่สุด คือ เหล็กน้ำพี้มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.0081 เหล็กที่มีปริมาณธาตุโมลิบดีนัม (Mo) มากที่สุด คือ เหล็กน้ำพี้มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.0051 เหล็กที่มีปริมาณธาตุนิเกิล (Ni) มากที่สุด คือ เหล็กน้ำพี้มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.0266 เหล็กที่มีปริมาณธาตุอะลูมิเนียม (Al) มากที่สุด คือ เหล็กตำบลบุษย อำเภอเขียงคาน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.0249 เหล็กที่มีปริมาณธาตุโคบอลต์ (Co) มากที่สุด คือ เหล็กน้ำพี้ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.0299 เหล็กที่มีปริมาณธาตุทองแดง (Cu) มากที่สุด คือ เหล็กน้ำพี้มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.102 เหล็กที่มีปริมาณธาตุวานาเดียม (V) มากที่สุด คือ เหล็กน้ำพี้มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.00075 และเหล็กที่มีปริมาณธาตุทังสเตน (W) มากที่สุด คือ เหล็กตำบลบุษย อำเภอเขียงคาน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.0022 ซึ่งผลด้านปริมาณธาตุที่ผสมในเหล็กทั้ง 2 แหล่ง เป็นเหล็กคาร์บอนต่ำ จะมีความเหนียวสามารถขึ้นรูปได้ดี จากองค์ประกอบธาตุประกอบต่างๆ ที่ผสมอยู่ในเหล็ก และบอกได้ว่าเหล็กที่มีปริมาณการถลุงได้ปริมาณที่คุ้มค่ากับการนำมาใช้งาน ทั้งแร่เหล็กจากตำบลบุษย และแร่เหล็กน้ำพี้ ซึ่งสอดคล้องกับการชุดแร่ส่งออกในพื้นที่ตำบลบุษย อำเภอเขียงคาน และ

แหล่งแร่เหล็กน้ำพี้ อำเภอยางชุมน้อย ซึ่งสอดคล้องกับการขุดแร่เพื่อถลุงใช้งานและการสร้างเป็นผลิตภัณฑ์น้ำพี้ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน ร่วมกับการสืบค้นงานวิจัยจาก อนุวัฒน์ จุฑาลาภถาวร (2552) และอดุลย์ พุกอินทร์ (2558) เพื่อสร้างเป็นผลิตภัณฑ์เหล็กน้ำพี้ และสอดคล้องกับการวิจัยในปี 2561 ของอดุลย์ พุกอินทร์ (2561) ในการเปรียบเทียบคุณสมบัติแร่เหล็กที่พบในพื้นที่จังหวัดอุดรธานี 3 แหล่งที่ผ่านมา



## สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

การวิจัยได้นำแร่เหล็กน้ำพี้ อำเภอยางชุมน้อย จังหวัดอุดรธานี และแร่เหล็กตำบลบุสม อำเภอยางชุมน้อย จังหวัดเลย ทดสอบทางเคมี การถลุง และวิเคราะห์ปริมาณธาตุผสมพบว่า แร่เหล็กทั้ง 2 แหล่งมีปริมาณเหล็ก (Fe) ที่แตกต่างกันเล็กน้อยจากการทดสอบทางเคมี ก่อนการถลุง การถลุง แร่ที่ผ่านการย่อยในพื้นที่ตำบลน้ำพี้กับกลุ่มวิสาหกิจชุมชนตำบลเหล็กน้ำพี้ ทำการถลุงและขึ้นรูปแท่งได้ปริมาณน้ำหนักของเหล็กตำบลบุสมมากกว่าร้อยละ 19.15 นำมาสร้างชิ้นงานเพื่อวิเคราะห์ปริมาณธาตุผสมที่มีอยู่ในเหล็กทั้ง 2 แหล่ง พบว่าค่าปริมาณธาตุเหล็ก (Fe) ของเหล็กน้ำพี้มีเท่ากับ 99.503 เหล็กตำบลบุสมมีเท่ากับ 99.70 ค่าปริมาณธาตุคาร์บอน (C) ของเหล็กน้ำพี้มีเท่ากับ 0.0358 เหล็กตำบลบุสม มีธาตุคาร์บอนเท่ากับ 0.0178 ซึ่งมีน้อยกว่าเหล็กน้ำพี้ ส่วนค่าปริมาณซิลิคอน (Si) ธาตุแมงกานีส (Mn) ธาตุโครเมียม (Cr) ธาตุทองแดง (Cu) ของเหล็กน้ำพี้ที่มีมากกว่าเหล็กตำบลบุสม ผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุผสมนี้ แร่เหล็กทั้ง 2 แหล่ง เป็นเหล็กที่อยู่ในกลุ่มเหล็กคาร์บอนต่ำ และปริมาณธาตุไม่แตกต่างกันมาก เหล็กแต่ละแหล่งแท้จริงมีความสามารถในการถลุงใช้งานได้ มีความคุ้มค่ากับการถลุงใช้งานขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์เหล็ก



## กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณสถาบันวิจัยและพัฒนามหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี โครงการพัฒนาศักยภาพงานวิจัยสู่พาณิชย์ด้วยนวัตกรรมและทรัพย์สินทางปัญญา (วช.) อาจารย์หลักสูตร เทคโนโลยีอุตสาหกรรม กลุ่มวิสาหกิจตำบลเหล็กน้ำพี้ คุณไฉฉวี เพ็งเป็น และกลุ่มสมาชิกวิสาหกิจตำบลเหล็กน้ำพี้ ประชาชน ผู้รู้ในชุมชนที่ช่วยชี้แนะแนวทาง การให้ข้อมูลในการดำเนินการวิจัยนี้แล้วเสร็จ

## เอกสารอ้างอิง

- กรมทรัพยากรธรณี. (2552). *การจำแนกเขตเพื่อการจัดการด้านธรณีวิทยาและทรัพยากรธรณี จังหวัดเลย*. กรุงเทพฯ: จันวณิชย์ ซีเคียวริตี้ พรินท์ติ้ง.
- จำลอง ปินดาวงศ์. (2562). *เอกสารส่วนอนุรักษ์และจัดการทรัพยากรแร่*. สำนักทรัพยากรกรมทรัพยากรธรณี.
- สุวัชญ์ วัชรถาวรศักดิ์ และอดุลย์ พุกอินทร์. (2558). การศึกษาเปรียบเทียบคุณสมบัติเหล็กน้ำพี้เชิงวิศวกรรม. *วารสารวิชาการ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง*, 8(1), 92-105.
- อดุลย์ พุกอินทร์. (2561). *การเปรียบเทียบปริมาณแร่ ธาตุผสม และคุณสมบัติเชิงกลระหว่างเหล็กน้ำพี้และแร่เหล็กที่พบในจังหวัดอุดรดิตถ์*. (งานวิจัย). อุดรดิตถ์: สถาบันวิจัยมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์.
- อดุลย์ พุกอินทร์. (2561). Thai local Nam Phi iron ore and furnace smelting combined with sustained ancient method. *วารสารวิศวกรรมสาร ฉบับวิจัยและพัฒนา*, 29(4), 77-87.
- อดุลย์ พุกอินทร์. (2561). การเปรียบเทียบธาตุผสม และคุณสมบัติเชิงกลระหว่างเหล็กน้ำพี้และแร่เหล็กที่พบในจังหวัดอุดรดิตถ์. ใน *การประชุมวิชาการระดับชาติราชภัฏกรุงเทพฯ มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา*, (น. 519-524). อยุธยา: สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏกลุ่มศรีอยุธยา.
- อดุลย์ พุกอินทร์. (2559). *การพัฒนาคุณภาพเหล็กน้ำพี้จากเหล็กน้ำพี้ถลุงใหม่*. (งานวิจัย). อุดรดิตถ์: สถาบันวิจัยมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์.
- อดุลย์ พุกอินทร์. (2557). *การทดสอบเหล็กน้ำพี้เชิงวิศวกรรมเพื่อการเปรียบเทียบเหล็กน้ำพี้กับคุณสมบัติของเหล็กชุบแข็ง*. (งานวิจัย). อุดรดิตถ์: สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ วช. หลักสูตรเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์.
- อนุวัฒน์ จุติลาภถาวร. (2552). *การสร้างเตาถลุงเหล็กและถลุงเหล็กจากแร่เหล็กน้ำพี้*. (งานวิจัย). กรุงเทพฯ: ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- Adul Phuk-in. (2018). Development of Nam Phi Iron Ore smelter from local knowledge to find engineering properties. *Asia-Pacific of Science and Technology*, 23(3), 1-7.

- Dong, F., Guangwu, T., Yongfu, Z., John, D. A., & Chenn, Q. Z. (2016). Modeling of iron ore reactions in blast furnace. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 103, 77-86.
- Pahlevaninezhad, M., Emami, M. D., & Panjepour, M. (2016). Identifying major zones of an iron ore sintering bed. *Applied Mathematical Modelling*, 40, 8475-8492.
- Peters, B., & Hoffmann, F. (2016). Iron ore reduction predicted by a discrete approach. *Chemical Engineering Journal*, 304, 692-702.