การจัดการความรู้และพัฒนาชุดความรู้ทางวิทยาศาสตร์ จากภูมิปัญญาท้องถิ่น เตาถลุงสินแร่เหล็กน้ำพี้ ตำบลน้ำพี้ อำเภอทองแสนขัน จังหวัดอุตรดิตถ์

KNOWLEDGE BASED FOR NAM-PHI IRON FURNACE, DEVELOPMENT THONG SAEN KHAN DISTRICT UTTARADIT

ไพโรจน์ นะเที่ยง[1*], ชัชพล เกษวิริยะกิจ[1] และ สุรพงษ์ หรรษนันท์[1]
Pairod Nateung[1*], Chatchapon Kadwiriyakid[1] and Surapong Hunsanun[1]
[1]คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ อ.เมือง จ.อุตรดิตถ์ ประเทศไทย 53000
[1]Faculty of Industrial Technology, Uttaradit Rajabhat University, Muang, Uttaradit, Thailand, 53000
*Corresponding author: Pairote.n@gmail.com

วันที่เข้าระบบ 7 พฤษภาคม 2562
วันที่แก้ไขบทความ 3 มิถุนายน 2562
วันที่ตอบรับบทความ 7 สิงหาคม 2562

บทคัดย่อ

การวิจัยเรื่องการจัดการความรู้และพัฒนาชุดความรู้ทางวิทยาศาสตร์จากภูมิปัญญาท้องถิ่นเตาถลุงสินแร่เหล็กน้ำพี้ ตำบลน้ำพี้ อำเภอทองแสนขัน จังหวัดอุตรดิตถ์ จากการศึกษาพบว่ากระบวนการถลุงสินแร่เหล็กน้ำพี้แบบโบราณ จะใช้วิธีการถลุงตามกระบวนการทางตรง ส่วนรูปแบบตัวเตาถลุงแร่เหล็กน้ำพี้แบบโบราณเป็นเตาแบบ Domed Furnace โดยใช้หลักการถลุงแบบกระบวนการทางตรง พบว่าจากการถลุงเหล็กน้ำพี้ปริมาณ 5, 15 และ 30 กิโลกรัม ได้เนื้อเหล็ก 0.95, 3.16 และ 4.33 กิโลกรัม ตามลำดับ ส่วนผลจากการพัฒนาประสิทธิภาพเตาสำหรับถลุงแร่เหล็กน้ำพี้ด้วยเตาคิวโปล่า จากการทดสอบพบว่าการถลุงแร่เหล็กน้ำพี้ปริมาณ 5 กิโลกรัม ได้เนื้อเหล็ก 1.4 กิโลกรัม ใช้เวลาในการถลุงเฉลี่ย 1.06 ชั่วโมง

คำสำคัญ: แร่เหล็กน้ำพี้, เตาถลุง, การจัดการความรู้

Abstract

This study is focused on knowledge management and development of scientific knowledge from local wisdom on Namphi iron-smelting furnaces in Namphi sub-district, Thong Saen Khan district, Uttaradit province. The study found that the ancient Namphi iron smelting process was a direct iron-smelting process. The figure of the ancient Namphi iron-smelting furnaces was domed. By applying the direct iron-smelting process, smelting Namphi iron weighed 5, 15, and 30 kilograms could obtain steel weighed 0.95, 3.16, and 4.33 kilograms, respectively. The result of developing the furnace efficiency for Namphi iron-smelting by using a cupola furnace showed that smelting Namphi iron weighed 5 kilograms could obtain steel weighed 1.4 kilograms, and the average smelting time was 1.06 hours.

Keywords: Iron Ore Nam Phi, Smelting Iron, Knowledge Management

1. บทนำ

จังหวัดอุตรดิตถ์เป็นจังหวัดหนึ่งทางภาคเหนือ ถือเป็นแหล่งต้นกำเนิดของแร่เหล็กน้ำพี้ชั้นดี เป็นดินแดนเก่าแก่แห่งหนึ่งในประเทศไทย ที่ค้นพบและใช้ประโยชน์จากแร่เหล็กน้ำพี้มาตั้งแต่สมัยโบราณ คุณสมบัติพิเศษของเหล็กน้ำพี้ทางวิทยาศาสตร์เป็นแร่เหล็กกล้าคาร์บอนที่มีโครงสร้างระดับโมเลกุลที่ประกอบด้วยธาตุคาร์บอนหลากหลาย ทำให้เมื่อนำมาเผาและตีทำมีดจะได้มีดที่แข็งแกร่งทนทานกว่าที่ทำจากแร่เหล็กทั่วๆไป ทางกระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และกรมวิทยาศาสตร์ทหารบก ได้เคยนำตัวอย่างสินแร่จากจากบ่อพระแสงและบ่อพระขรรค์ไปทำการทดลองเพื่อวิเคราะห์หาคุณสมบัติต่าง ๆ ด้วยเครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ พบว่าแร่เหล็กน้ำพี้มีองค์ประกอบของแร่ธาตุที่หาได้ยาก เป็นแร่เหล็กที่มีคุณสมบัติพิเศษเฉพาะตัวมีความแข็งและเหนียวเป็นพิเศษ มีคุณลักษณะอ่อนในแข็งนอก จากเอกสาร จดหมายเหตุ วรรณคดี ตลอดจนตำราพิชัยสงครามได้กล่าวถึงคุณวิเศษของแร่เหล็กน้ำพี้ว่าเป็นโลหะมหัศจรรย์มีพลังอานุภาพในตัว สามารถแก้อาถรรพ์ ป้องกันสิ่งเลวร้ายได้ และยังเป็นสิริมงคลแก่ผู้มีไว้ครอบครองเป็นอย่างยิ่ง ทำให้บุคคลที่รู้เรื่องเกี่ยวกับเหล็กน้ำพี้ประสงค์จะได้เหล็กน้ำพี้ไว้ประดับและเป็นสิริมงคลแก่ตัวเองและครอบครัว การขุดหาเหล็กน้ำพี้สามารถพบได้ทั่วไปในเขตบ้านน้ำพี้ ตำบลน้ำพี้ อำเภอทองแสนขัน จังหวัดอุตรดิตถ์ โดยทั่วไปแร่น้ำเหล็กน้ำพี้จะติดอยู่ตามผิวดินหรือลึกลงไปอีก 10 เมตร ชาวบ้านจะนำไปถลุงเพื่อให้ได้เนื้อเหล็กบริสุทธิ์ โดยการนำแร่เหล็กมาทุบให้ได้ขนาดพอเหมาะใส่ในเตาถลุงซึ่งปั้นจากดินเดียวผสมแกลบใช้ถ่านไม้สักเป็นเชื้อเพลิง แล้วเป่าด้วยเครื่องเป่าลมให้ความร้อนจนแร่เหล็กละลาย จากนั้นจึงแยกเหล็กบริสุทธิ์ออกจากสิ่งเจือปนอื่นๆ เมื่อเนื้อเหล็กเย็นแล้วจะนำไปหลอมยุบรวมกันเพื่อให้เป็นก้อนขนาดพอเหมาะกับการ

ใช้งาน (ไวพจน์ เพ็งเปิ้น, 2555: สัมภาษณ์) โดยภูมิปัญญาการถลุงแร่เหล็กน้ำพี้ของชาวบ้านตำบลน้ำพี้นั้นตามหลักการทางวิทยาศาสตร์ คือกระบวนการถลุงสินแร่แบบวิธีการแบบกระบวนการทางตรง ซึ่งรูปแบบเตาสำหรับถลุงแร่เหล็กน้ำพี้แบบโบราณนั้นมีลักษณะเป็นรูปทรงอ่าง เป็นเตาที่ขุดเป็นหลุมตื้นลงไปในดิน โดยเอาดินก่อเป็นผนังเตี้ยๆ ในระยะแรกไม่มีช่อดักตะกรันออกนอกเตา เมื่อทำการถลุงตะกรันจะรวมตัวอยู่ที่ด้านบนของ Ingot ที่แยกไปรวมตัวกันที่ก้นเตา ต่อมาภายหลังจึงได้มีการพัฒนาให้มีการเพิ่มช่องปล่อยตะกรันให้ไหลออกไป ทั้งนี้เมื่อทำการถลุงจะต้องอุดช่องนั้นเอาไว้ก่อน จนเมื่อตะกรันละลายจึงเอาที่อุดช่องนั้นออก Ingot ที่ได้จะรวมตังกันอยู่ที่ก้นเตา ซึ่งเตาแบบนี้มีเนื้อที่จำกัดและสูญเสียความร้อนสูง ต้องรอทิ้งไว้จนกว่าจะเย็นจึงจะได้เหล็กจากก้นเตาที่มีสภาพเป็นก้อน

สืบเนื่องมาจากบรรพบุรุษของชาวตำบลน้ำพี้ได้คิดค้นนำแร่เหล็กมาถลุงเพื่อใช้ในครัวเรือนจึงเป็นจุดเริ่มต้นของการสร้างกลุ่มตีดาบเหล็กน้ำพี้ กลุ่มเครือข่ายลูกประคำผสมเหล็กน้ำพี้ และการหล่อพระด้วยส่วนผสมของแร่เหล็กน้ำพี้ ผลิตออกจำหน่ายให้กับลูกค้าที่มีความสนใจทั่วไปผลิตภัณฑ์ประเภทเหล็กน้ำพี้ ของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนผลิตภัณฑ์จากเหล็กน้ำพี้ ตำบลน้ำพี้ อำเภอทองแสนขัน เป็นสินค้าที่สร้างรายได้ให้กับประชาชนในท้องถิ่น ทำให้เกิดการผลิตและจำหน่ายสินค้าในลักษณะแบบต่าง ๆ เพิ่มมากขึ้น ในปี พ.ศ. 2542 นายอนุวัฒน์ สอนสุวรรณ์ ได้ร่วมปรึกษาหารือกับช่างตีเหล็กและร่วมกันจัดตั่งกลุ่มตีดาบเหล็กน้ำพี้ขึ้นโดยมีที่ทำการกลุ่มอยู่ที่บ้านเลขที่ 60/5 หมู่ที่ 1 ตำบลน้ำพี้ อำเภอ ทองแสนขัน จังหวัดอุตรดิตถ์ ซึ่งมีสมาชิกแรกก่อตั้งจำนวน 9 คน ปัจจุบันกลุ่มวิสาหกิจชุมชน ผลิตภัณฑ์จากเหล็กน้ำพี้ บ้านน้ำพี้ ต.น้ำพี้ อ.ทองแสนขัน ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงจากการรวมกลุ่มในครั้งแรกจากกลุ่มตีดาบเหล็กน้ำพี้ ได้รับรองขึ้นทะเบียนเป็นวิสาหกิจชุมชน เมื่อวันที่ 15 มิถุนายน 2553 ณ ปัจจุบันมีสมาชิกในกลุ่มทั้งสิ้น 23 คน วัตถุประสงค์ของกลุ่มคือการสร้างผลิตภัณฑ์จากเหล็กน้ำพี้ เพื่อหารายได้ให้เกิดขึ้นภายในกลุ่ม นอกจากนี้ยังเป็นการอนุรักษ์ภูมิปัญญาของบรรพบุรุษ และเพื่อเป็นการให้ความรู้แก่เยาวชนรุ่นหลังต่อไป ได้มีการสาธิตการตีดาบให้นักท่องเที่ยวชมทุกวันเสาร์- อาทิตย์ โดยผลัดเวรกันที่พิพิธภัณฑ์พื้นบ้านบ่อเหล็กน้ำพี้ ร่วมงานแสดงสินค้าของอำเภอ จังหวัดและสถานที่ต่าง ๆ (องค์การบริหารส่วนตำบลน้ำพี้, 2555) ซึ่งกลุ่มตีดาบเหล็กน้ำพี้ได้รวบรวมผู้รู้และปราชญ์ชาวบ้านที่มีความรู้ความสามารถและความชำนาญในด้านการถลุงแร่เหล็กน้ำพี้เอาไว้หลาย ๆ ท่าน จึงสามารถทำให้เกิดการอนุรักษ์และถ่ายทอดความรู้อันเกี่ยวกับการผลิตและแปรรูปผลิตภัณฑ์จากแร่เหล็กน้ำพี้เอาไว้ได้อย่างเหนียวแน่น แต่อย่างไรก็ดีผู้รู้หรือปราชญ์ชาวบ้านเหล่านี้ล้วนแล้วแต่เป็นผู้สูงอายุทั้งสิ้น ผนวกกับองค์ความรู้ที่เกี่ยวกับการถลุงแร่เหล็กน้ำพี้ของชาวบ้านนั้นยังคงใช้วิธีการแบบโบราณที่สืบทอดกันมา จึงทำให้ทั้งปริมาณเนื้อและและคุณภาพของเหล็กน้ำพี้ที่ถลุงได้นั้นยังมีปริมาณน้อยจึงทำให้ไม่เพียงพอต่อการนำไปผลิตในรูปแบบการผลิตสินค้าในลักษณะของสินค้าแบบวิสาหกิจชุมชน และที่สำคัญการถลุงแบบวิธีการโบราณนั้นยังใช้เวลาในการถลุงที่นานและได้เหล็กที่มีขี้ตะกรัน (สารมลทิน)ปะปนอยู่มาก จึงทำให้ต้องมีการนำแร่มาถลุง

ซ้ำๆหลายครั้งกว่าจะสามารถกำจัดขี้ตะกรัน (สารมลทิน) ออกจากเนื้อเหล็กได้

จากความสำคัญของภูมิปัญญาท้องถิ่นซึ่งถือว่าเป็นองค์ความรู้ที่สำคัญของจังหวัดอุตรดิตถ์ ในด้านการถลุงสินแร่เหล็กน้ำพี้ หากได้มีการนำองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปประยุกต์ใช้เพื่อปรับปรุงและเพิ่มประสิทธิภาพการถลุงสินแร่เหล็กน้ำพี้แบบโบราณ เพื่อให้สามารถที่จะทำการถลุงสินแร่เหล็กน้ำพี้ให้ได้ปริมาณที่เพิ่มขึ้น ทำให้ได้เนื้อเหล็กที่สะอาดขึ้น และสามารถลดระยะเวลาและต้นทุนในการถลุงแร่มากกว่าวิธีการแบบโบราณแล้วจะก่อประโยชน์ต่อการต่อยอดองค์ความรู้จากภูมิปัญญาท้องถิ่นที่สามารถนำไปสู่การสร้างนวัตกรรมที่มีพื้นฐานจากชุมชน อีกทั้งยังเป็นการก่อให้เกิดการเก็บรวมข้อมูลที่เป็นองค์ความรู้ของท้องถิ่นด้านการถลุงสินแร่เหล็กน้ำพี้ของชุมชนไม่ให้สูญหาย และยังก่อให้เกิดการพัฒนาชุดความรู้ใหม่ด้านการถลุงสินแร่เหล็กน้ำพี้ด้วยการใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์มาใช้ในการพัฒนากระบวนการถลุงแร่เหล็กน้ำพี้ที่มีประสิทธิภาพสูงเหมาะสมกับการผลิตในระดับวิสากิจชุมชนต่อไป

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

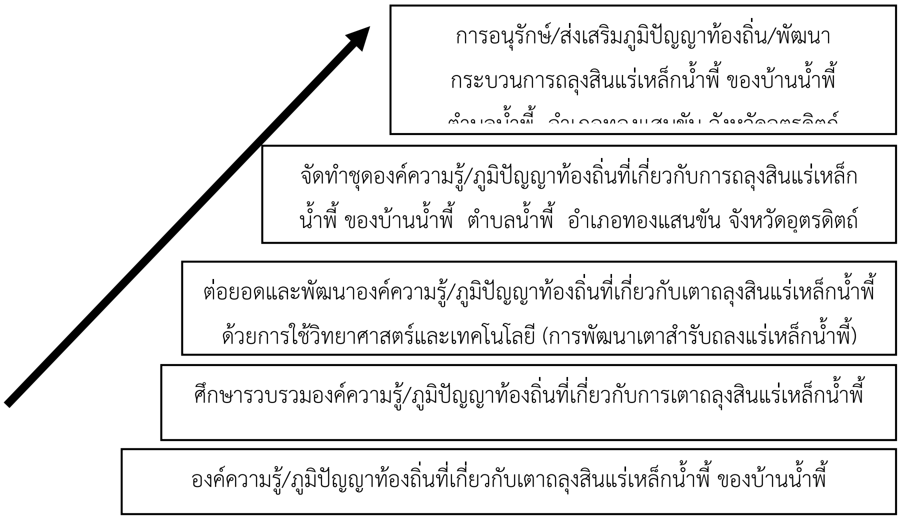
2.1 เพื่อสืบค้นและอธิบายองค์ความรู้/ภูมิปัญญาท้องถิ่นที่เกี่ยวกับเตาสำหรับการถลุงแร่เหล็กน้ำพี้ด้วยความรู้ทางวิทยาศาสตร์

2.2 เพื่อศึกษาและพัฒนาเตาสำหรับถลุงเหล็กน้ำพี้ที่มีประสิทธิภาพเหมาะสมกับการผลิตของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนผู้ผลิตผลิตภัณฑ์จากแร่เหล็กน้ำพี้

2.3 เพื่อสร้างชุดความรู้การถลุงสินแร่เหล็กน้ำพี้ของบ้านน้ำพี้ ตำบลน้ำพี้ อำเภอทองแสนขัน จังหวัดอุตรดิตถ์

3. วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่องการจัดการความรู้และพัฒนาชุดความรู้ทางวิทยาศาสตร์จากภูมิปัญญาท้องถิ่นเตาถลุงสินแร่เหล็กน้ำพี้ ตำบลน้ำพี้ อำเภอทองแสนขัน จังหวัดอุตรดิตถ์ มุ่งหวังเพื่อพัฒนาองค์ความรู้และต่อยอดภูมิปัญญาท้องถิ่นให้เกิดประโยชน์เชิงพาณิชย์และสาธารณะเพื่อเป็นพื้นฐานในการพัฒนาเศรษฐกิจชุมชนอย่างยั่งยืน โดยที่ผู้วิจัยได้กำหนดกรอบแนวความคิดของการวิจัยไว้ดังนี้



ภาพที่ 1 แสดงกรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย

3.1 กลุ่มชุมชนเป้าหมาย

สำหรับกลุ่มตัวอย่างที่ร่วมในโครงการวิจัยในครั้งนี้ได้แก่ กลุ่มอาชีพผลิตผลิตภัณฑ์จากเหล็กน้ำพี้ หมู่ที่ 9 บ้านน้ำพี้ ตำบลน้ำพี้ อำเภอทองแสนขัน จังหวัดอุตรดิตถ์ จำนวนทั้งสิ้น 22 คน เพื่อทำความเข้าใจเกี่ยวกับรูปแบบการจัดการความรู้ภูมิปัญญาท้องถิ่นเกี่ยวกับเตาถลุงสินแร่เหล็กน้ำพี้ไปปรับใช้ในการดำเนินงานพัฒนาเตาสำหรับถลุงแร่เหล็กน้ำพี้

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องและเป็นประโยชน์ต่องานวิจัยนี้จากแหล่งข้อมูลที่สำคัญต่างๆ โดยสามารถแยกข้อมูลที่สำคัญออกเป็น 4 ส่วน ซึ่งได้แก่

3.2.1 การสำรวจพื้นที่ศึกษา (Survey) เพื่อศึกษาสภาพหมู่บ้าน ลักษณะพื้นที่สภาพแวดล้อม ลักษณะธรรมชาติและฐานทรัพยากรชุมชน ตลอดจนวิถีชีวิตความเป็นอยู่ขนบธรรมเนียมประเพณี พิธีกรรมต่างๆ ระบบการผลิตและรูปแบบการใช้ประโยชน์จากสินแร่เหล็กน้ำพี้ เช่น แหล่งพื้นที่/วิธีการขุดสินแร่ เตาและวิธีการถลุงแบบโบราณ รูปแบบการผลิตผลิตภัณฑ์จากแร่เหล็กน้ำพี้

3.2.2 การสัมภาษณ์แบบไม่เป็นทางการ (Informal interview) กับกลุ่มผู้ให้ข้อมูลหลักเป็นการศึกษาเชิงประวัติศาสตร์เกี่ยวกับระบบการผลิตและรูปแบบการใช้ประโยชน์จากสินแร่เหล็กน้ำพี้ของชุมชนและปัจจัยที่มีผลต่อภูมิปัญญา ทั้งนี้เพื่อเป็นการศึกษาถึงรูปแบบ/ลักษณะและวิธีการผลิตเหล็กน้ำพี้ด้วยวิธีการใช้เตาถลุงแบบโบราณ ซึ่งเป็นภูมิปัญญาดั้งเดิมของชุมชน

3.2.3 การสัมภาษณ์แบบเจาะลึก (In-depth interview) เป็นการสัมภาษณ์แบบเจาะลึกข้อมูลที่ต้องการสำหรับการตอบคำถามการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับรูปแบบของเตาถลุงสินแร่เหล็กน้ำพี้

แบบโบราณรวมถึงกระบวนการและขั้นตอนในการถลุง ทั้งนี้ผู้วิจัยใช้การสัมภาษณ์ปราชญ์ชาวบ้าน/ผู้ที่มีความรู้ด้านการถลุงสินแร่เหล็กน้ำพี้ในหมู่บ้านประกอบกับการสืบค้นจากหลักฐานในพื้นที่บ้านน้ำพี้เป็นหลัก ทั้งซากเตาถลุงในหมู่บ้านและตะกรันเหล็กที่ได้จากการถลุงด้วยเตาแบบโบราณ เพื่อให้ทราบถึงลักษณะ/รูปทรง/ส่วนประกอบหลักการที่สำคัญของเตาถลุงสินแร่เหล็กน้ำพี้แบบเดิมให้มากที่สุด เพื่อนำข้อมูลเหล่านั้นมาประกอบเพื่อเชื่อมโยงภูมิปัญญาท้องถิ่นไปสู่การพัฒนาเตาสำหรับถลุงแร่เหล็กน้ำพี้ด้วยวิทยาศาสตร์ที่เหมาะสมต่อไป

3.2.4 การสนทนากลุ่ม (Focus group discussion) เพื่อให้เกิดความสมบูรณ์และเป็นการคืนข้อมูลให้กับชุมชน

3.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณร่วมกับข้อมูลเชิงคุณภาพโดยข้อมูลในเชิงปริมาณใช้สถิติเชิงพรรณนา ซึ่งนำมาวิเคราะห์ร่วมกับข้อมูลเชิงคุณภาพที่ได้จากการสัมภาษณ์เชิงลึกโดยใช้วิธีการวิเคราะห์เนื้อหาที่เกี่ยวข้อง (Content analysis) และการประเมินผลสำเร็จของโครงการวิจัยทั้งในระดับผลผลิตและผลลัพธ์ โดยวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพในการศึกษาครั้งนี้ใช้วิธีการวิเคราะห์ข้อมูลแบบสร้างข้อสรุปในการวิจัยเชิงคุณภาพส่วนใหญ่ข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์จะเป็นข้อความบรรยาย (Descriptive) ที่ได้จากการสังเกต สัมภาษณ์ และจดบันทึก

การวิเคราะห์ข้อมูลในเชิงคุณภาพผู้ศึกษาได้แบ่งตามแนวคิดของ Appleton (1995) ได้มีการแบ่งการวิเคราะห์ข้อมูลเป็น 3 ชนิด ได้แก่ 1) การวิเคราะห์แบบอุปนัย (Analytic induction) 2) การวิเคราะห์โดยการจำแนกชนิดข้อมูล (Typological analysis) และ 3) การวิเคราะห์โดยการเปรียบเทียบข้อมูล (Constant comparison)

4. ผลการวิจัย

4.1 ภูมิปัญญาการขุดหาสินแร่เหล็กน้ำพี้

บ่อเหล็กน้ำพี้ถือเป็นแหล่งทรัพยากรธรรมชาติที่สำคัญแห่งหนึ่งของประเทศ เคยมีการศึกษาโดยผู้เชี่ยวชาญมาสำรวจพบว่าเป็นแหล่งสินแร่ที่มีส่วนผสมของเหล็กกล้าที่มีคุณภาพดีมาก แต่มีปริมาณน้อยไม่พอที่จะทำการผลิตในลักษะของการอุตสาหกรรม ปัจจุบันจึงห้ามมิให้ผู้ใดขุดและได้สงวนไว้เป็นโบราณสถานทางประวัติศาสตร์ต่อไป ปัจจุบันนี้การขุดหาแร่เหล็กน้ำพี้เพื่อนำมาใช้ประโยชน์สำหรับการผลิตผลิตภัณฑ์ของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนของบ้านน้ำพี้ นั้นจะใช้วิธีการทั่วไปอยู่ 3 วิธีการ คือ

(1) การขุดเหล็กเก่าตามเตาตีเหล็กโบราณสมัยก่อนจะมีเตาตีเหล็กกระจายออกไปตามที่ต่างๆ ถ้าที่ตรงไหนเป็นเตาตีเหล็กเก่าก็จะมีการประมูลขอขุดเพื่อเอาเศษแร่เหล็กเก่า หรือที่เรียกว่า”ขี้

ตะกรัน”ที่มีอยู่ในบริเวณนั้น เพราะที่บ่อเหล็กได้อนุรักษ์ไว้ไม่ให้ใครเข้าไปขุด เมื่อได้แร่เหล็กมาแล้วก็จะเอามาเข้าเตาหนึก ซึ่งเตาหนึกก็คือเมื่อเอาแร่ที่ออกจากเตาแล้วจะเอามาตีบนขอนไม้ที่เป็นบ่อ ตีไปไฟก็แลบไปหนึกไปเรื่อยพอเหล็กเย็นก็เอาเข้าเตาอีกแล้วก็ตีอีกจนได้ที่แล้วจึงเอามาตีบนทั่ง การตีบนทั่งใช้สามคน ตียืด ตีพับ เข้าเตาทำอย่างนี้หลายรอบ เมื่อตีอัด พับ รีด จนได้ที่แล้วจึงตีเป็นแท่งเก็บไว้ แท่งหนึ่งก็ประมาณ 1 ถึง 1.2 กิโลกรัม จะตีดาบได้ 1 เล่ม ยาวประมาณ19 นิ้ว โดยในการหลอมขี้ตะกรันแต่ละครั้งต้องใช้ขี้ตะกรันประมาณ 3 กิโลกรัม เพื่อให้ได้แท่งเหล็กน้ำพี้ประมาณ 1 กิโลกรัม สำหรับนำไปตีขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่อไป โดยในปัจจุบันการผลิตเหล็กน้ำพี้จากขี้ตะกรันที่ได้จากการถลุงเหล็กน้ำพี้เก่ามีปริมาณการขุดพบน้อยลงและใกล้จะหมดไปแล้ว

ภาพที่ 2 แสดงการขุดหาขี้ตะกรันแร่เหล็กน้ำพี้และลักษณะของขี้ตะกรันแร่เหล็กน้ำพี้

(2) การตรวจหาเครื่องมือ เครื่องใช้ที่เป็นโลหะในบริเวณพื้นที่บ้านน้ำพี้และหมู่บ้านใกล้เคียงด้วยการใช้เครื่องตรวจจับโลหะ การค้นหาเหล็กน้ำพี้ด้วยวิธีการนี้นิยมใช้เมื่อประมาณ 5-10 ปีที่แล้ว เนื่องจากเป็นวิธีการที่ต้องใช้เครื่องมือที่มีราคาสูง จึงเป็นวิธีการหาเหล็กน้ำพี้ที่ไม่ค่อยนิยมทำมากนัก ซึ่งส่วนใหญ่เหล็กน้ำพี้ที่พบมักจะเป็นลักษณะของเครื่องมือเครื่องทางการเกษตรที่หลงเหลือจากในสมัยก่อน โดยการค้นหาจะทำกันค้นหาพื้นที่เรือกสวน ไร่นาเฉพาะในพื้นที่ของบ้านน้ำพี้เท่านั้น เพราะเชื่อกันว่าน่าจะเป็นเครื่องมือ เครื่องใช้ทางการเกษตรของคนโบราณที่ทำมาจากเหล็กน้ำพี้ ซึ่งเครื่องมือ เครื่องใช้โลหะที่ตรวจพบส่วนใหญ่จะฝังอยู่ใต้ดิน อาทิ จอบ เสียม มีดพร้า ขวาน เป็นต้น

(3) การขุดสินแร่เหล็กจากแหล่งแร่ธรรมชาติในพื้นที่บริเวณโดยรอบบ่อเหล็กน้ำพี้ (บริเวณที่ตั้งของพิพิธภัณฑ์พื้นบ้านบ่อเหล็กน้ำพี้) เนื่องจากในปัจจุบัน”ขี้ตะกรันเหล็กน้ำพี้”ที่ชาวบ้านนำมาใช้สำหรับการผลิตภัณฑ์จากเหล็กน้ำพี้หาได้ยากขึ้น มีจำนวนน้อยลงและราคาสูงขึ้น จึงทำให้ต้องมีการขุดหาแร่เหล็กน้ำพี้จากแหล่งแร่ตามธรรมชาติเพื่อมาทดแทน โดยพื้นที่ๆชาวบ้านน้ำพี้นิยมไปขุดหาแร่เหล็กน้ำพี้จะอยู่บริเวณพื้นที่เนินเขาที่อยู่ทางด้านหลังของ“บ่อพระแสง” และ “บ่อพระขรรค์” ห่างออกไปอีกประมาณ 200-300 เมตร ซึ่งบริเวณโดยรอบบ่อเหล็กน้ำพี้เดิมในระยะ 100

เมตร ขั้นตอนในการขุดหาแร่เหล็กน้ำพี้ของชาวบ้านจะเริ่มจากการขุดเปิดหน้าดินออกไปก่อนให้ลึกประมาณ 1 เมตร จนถึงชั้นหิน โดยหลุมที่ชาวบ้านขุดเพื่อหาแร่เหล็กน้ำพี้ที่ลึกที่สุดในหมู่บ้านนั้นลึกถึงประมาณ 10 เมตร จากนั้นจึงนำมาร่อนด้วยตาข่ายเพื่อแยกเศษดินออกไปก่อน แล้วจึงเทร่วมไว้เป็นกองๆ แล้วจึงใช้แท่งแม่เหล็กดูดหาก้อนแร่ที่มีโลหะเหล็กปะปนอยู่แล้วแยกไว้ต่างหากจากนั้นจึงนำไปล้างด้วยน้ำและตากแดดให้แห้งอีกครั้ง โดยสินแร่ที่ขุดมาได้นี้ชาวบ้านจะนำให้ขายให้กลุ่มอาชีพผลิตผลิตภัณฑ์จากเหล็กน้ำพี้ในหมู่บ้านราคากิโลกรัมละ 30 บาท ซึ่งก้อนแร่เหล็กน้ำพี้นี้จะนำไปตำให้เป็นผงละเอียดเพื่อใช้เป็นส่วนผสมของผลิตภัณฑ์จากเหล็กน้ำพี้ เช่น ลูกประคำ พระพิมพ์ และอีกส่วนหนึ่งจะนำไปถลุงเพื่อแยกแร่เหล็กน้ำพี้ออกจากสิ่งเจือปน แล้วนำไปตีขึ้นรูปเป็นดาบหรือมีดเหล็กน้ำพี้ต่อไป

ภาพที่ 3 การขุดสินแร่เหล็กจากแหล่งแร่ธรรมชาติในพื้นที่
บริเวณโดยรอบบ่อเหล็กน้ำพี้

4.2 ภูมิปัญญาการถลุงสินแร่เหล็กน้ำพี้

ข้อสันนิฐานเกี่ยวรูปแบบลักษณะของเตาถลุง/กระบวนการถลุงสินแร่เหล็กน้ำพี้ด้วยภูมิปัญญาของชาวบ้านในพื้นที่ตำบลน้ำพี้ อำเภอทองแสนขัน จังหวัดอุตรดิตถ์ จากการสัมภาษณ์ข้อมูลเชิงลึกจากปราชญ์ชาวบ้าน ประกอบกับหลักฐานซากเตาถลุงเหล็กน้ำพี้โบราณที่อยู่ในพื้นที่ ด้วยการเชื่อมโยงกับหลักการทางวิทยาศาสตร์ รวมไปถึงงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการขุดค้นซากเตาถลุงเหล็กในสมัยโบราณทั้งในและต่างประเทศ จึงสามารถสรุปได้ว่ากระบวนการถลุงสินแร่เหล็กน้ำพี้แบบโบราณนั้นน่าจะใช้วิธีการถลุงตามกระบวนการทางตรง (Direct iron smelting process) มีขั้นตอนที่เริ่มจากการนำแร่เหล็กที่ย่อยเตรียมขนาดและทำความสะอาดแล้วนำมาผสมกับถ่านตามสัดส่วนที่เหมาะสมในเตาถลุงคือ เหล็ก : ถ่านไม้ เท่ากับ 1 : 3 จากนั้นจึงใส่เชื้อเพลิงและสูบลมเพื่อเร่งอุณหภูมิภายในเตาถลุงให้สูงประมาณ 1,100-1,200 องศาเซลเซียส โดยในขณะถลุงต้องเติมถ่านเพื่อช่วยให้ภายในเตาถลุงเกิดก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์มากพอที่จะทำให้ปฏิกิริยากับแร่เหล็กอย่างสมบูรณ์ เพื่อก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางองค์ประกอบทางเคมี โดยธาตุคาร์บอนที่อยู่ในก๊าซคาร์บอนมอนนอก

โซด์จะช่วยให้ธาตุออกซิเจนที่ผสมอยู่ในแร่เหล็กถูกแยกออกมา เพื่อทำให้แร่ถูกเปลี่ยนสภาพกลายเป็นเหล็ก และในขณะเดียวกันกับอุณหภูมิสูงมากในเตาก็ทำให้ธาตุอื่นๆที่ปนอยู่ในแร่เหล็กนั้นหลอมเหลว แยกตัวออกจากเหล็กไปรวมตัวกันเป็นตะกรันโดยใช้เชื้อถลุง ซึ่งอาจจะทำมาจาก ปูนขาว กระดูกสัตว์ เปลือกหอยป่น ช่วยให้ธาตุที่ไม่ต้องการไปรวมตัวกันเป็นตะกรันได้ดี เหล็กที่เกิดขึ้นคงอยู่ในสภาพของแข็งที่มีโครงสร้างภายในประกอบไปด้วยรูพรุนขนาดเล็ก และยังคงมีตะกรันแทรกปนอยู่ในเนื้อเหล็ก ดังนั้นจึงต้องนำเหล็กที่ได้จาการถลุงไปทำการกำจัดตะกรันที่หลงเหลืออยู่ โดยนำก้อนเหล็กที่ได้จาการถลุงขั้นแรกไปเผาไฟให้ร้อนจนเป็นสีแดง ตะกรันที่ถูกความร้อนจะหลอมเหลว และเมื่อนำออกมาตีเพื่อบีบอัดเนื้อเหล็ก ตะกรันที่หลอมเหลวนั้นก็จะถูกแยกออกมาจากโครงสร้างภายในเหล็กที่ได้จึงเป็นเหล็กเกือบบริสุทธิ์ มีธาตุคาร์บอนผสมอยู่น้อยกว่า 0.5% จัดเป็นเหล็กเนื้ออ่อนที่เรียกว่า Wrought iron สามารถนำไปตีขึ้นรูปเป็นเครื่องมือเครื่องใช้ต่อไปได้

ส่วนลักษณะ/รูปแบบตัวเตาถลุงแร่เหล็กน้ำพี้แบบโบราณเป็นเตาแบบ Domed furnace ซึ่งตัวเตามีหลังคาโค้ง เป็นเตาที่ก่อผนังด้วยดินดิบอย่างง่ายๆ โดยอาจมีการผสมกับแกลบและเสริมความแข็งแรงด้วยโครงไม้ไผ่เพื่อทำให้ดินที่ใช้ก่อผนังเตานั้นยึดติดกันได้มากขึ้น โดยเป็นเตาที่มีลักษณะเป็นรูปโดมหรือหลังคาทรงโค้งเพื่อให้มีเนื้อที่มากขึ้น เป็นรูปวงกลมขนาดกว้างประมาณ 110-120 เซนติเมตร สูงประมาณ 60-90 เซนติเมตร โดยใช้ดินก่อโครงบนพื้นขึ้นมาหรืออาจจะมีไม้เป็นโครงสร่างภายในก่อนก่ออิฐปิด เมื่อถูกความร้อนดินที่ก่อจะแข็งเป็นโครงเตา นอกจากนี้ยังพบดินถูกความร้อนเป็นรูปทรงกระบอก ซึ่งอาจเป็นส่วนที่เกิดจากการใช้ไม้รูปทรงกระบอก เช่นไม้ไผ่ เพื่อเป็นแนวของท่อลมแบบง่ายๆ สันนิษฐานว่าเป็นท่อลม ซึ่งเตาถลุงเหล็กลักษณะนี้จะใช้งานได้น้อยครั้งหรือใช้เพียงครั้งเดียว แล้วถูกทุบเพื่อนำเหล็กที่ถลุงแล้วออกจากจากเตา และก่อขึ้นใช้ใหม่ในครั้งต่อไป เนื่องจากพบร่องรอยการก่อเตาใหม่ในพื้นที่ใกล้เคียงกัน และพบตะกรันรวมถึงเศษเตาถลุงที่ถูกทุบทำลายอยู่เป็นกลุ่มๆ กระจายอยู่ทั่วไปในบริเวณพื้นที่ของบ้านน้ำพี้

ภาพที่ 4 เตาถลุง/ท่อดินเผาที่ใช้สำหรับเป็นรูลมที่ใช้ส่งลม
จากสูบลมเพื่อเร่งอุณหภูมิ

4.3 การพัฒนาประสิทธิภาพเตาสำหรับถลุงแร่เหล็กน้ำพี้

(1) การพัฒนาประสิทธิภาพเตาสำหรับถลุง/กระบวนการถลุงแร่เหล็กน้ำพี้ ตามหลักการถลุงตามกระบวนการทางตรง (Direct iron smelting process) ด้วยเตาถลุงแบบสี่ชั้น เป็นกระบวนการถลุงแร่เหล็กน้ำพี้ที่พัฒนาขึ้นมาจากรูปแบบเตาถลุงเหล็กทาทาระของญี่ปุ่น ซึ่งเป็นผลงานการออกแบบและพัฒนาเตาสำหรับการถลุงแร่เหล็กน้ำพี้ของนายอนุวัฒน์ จุติลาภถาวร อาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เมื่อปี พ.ศ.2552 ซึ่งเป็นเตาสำหรับถลุงแร่เหล็กน้ำพี้ที่พัฒนาขึ้นมาจากเตาถลุงแบบสองชั้น เพื่อให้เตาถลุงมีขนาดเล็กลงกว่าเดิม เพื่อเพิ่มความสะดวกในการเคลื่อนย้าย และเพื่อให้มีความเหมาะสมกับปริมาณเนื้อแร่ที่ใช้สำหรับการถลุง โดยออกแบบให้เตาถลุงแยกส่วนออกจากกันเป็นสี่ชั้น โดยชั้นที่หนึ่งมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 35 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร ส่วนชั้นที่สอง สาม และสี่ มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 35 เซนติเมตร สูง 33 เซนติเมตร และเมื่อทำการจุดเตาถลุงสามารถวัดอุณหภูมิที่บริเวณรูลมสามารถวัดได้ 1,331 องศาเซลเซียส ซึ่งบริเวณจุดหลอมละลายจะอยู่เหนือรูลมขึ้นไปประมาณ 15-20 เซนติเมตร จะมีอุณหภูมิสูงมากกว่านี้ อาจจะประมาณ 1,400-1,600 องศาเซลเซียส โดยผลจากการทดสอบประสิทธิภาพการถลุงเหล็กน้ำพี้ด้วยเตาถลุงแบบสี่ชั้น แสดงไว้ตามตารางที่ 1

ภาพที่ 5 เตาถลุงแร่เหล็กน้ำพี้แบบสี่ชั้น

จากการทดลองถลุงเหล็กเพื่อหาปริมาณผลผลิตเหล็กที่ถลุงได้จากเตาถลุงเหล็กน้ำพี้แบบสี่ชั้น โดยการพิจารณาที่ตารางเปรียบเทียบปริมาณแร่ที่ใช้ในการถลุงระหว่างการใช้แร่เหล็กน้ำพี้ที่ใช้ในการถลุง 3 ค่า คือ 5 กิโลกรัม 15 กิโลกรัม และ 30 กิโลกรัม จะเห็นได้ว่าปริมาณแร่ที่เหมาะสมสำหรับการถลุงคือแร่เหล็กที่มีปริมาณ 15 กิโลกรัม เพื่อต้องการผลผลิตเหล็กมากที่สุดสำหรับเตาถลุงแบบสี่ชั้น ซึ่งเวลาที่ใช้ในการถลุงและปริมาณถ่านที่ใช้ในการถลุงแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย ยกเว้นกรณีแร่เหล็ก 30 กิโลกรัม ที่จะใช้เวลาในการถลุงและปริมาณถ่านมากกว่า และยังได้ปริมาณผลผลิตเหล็กต่ำกว่า ซึ่งอาจจะเป็นปริมาณแร่เหล็กที่ไม่เหมาะสมกับขนาดเตาที่ใช้อยู่ ดังนั้นหากต้องการผลผลิตเหล็กที่เพิ่มมากขึ้นอาจจะต้องเพิ่มขนาดเตาให้ใหญ่ขึ้นตามไปด้วย

(2) การออกแบบโครงสร้างและส่วนประกอบของเตาสำหรับถลุงแร่เหล็กน้ำพี้ ตามหลักการถลุงตามกระบวนการทางตรง (Direct iron smelting process) ด้วยเตาคิวโปล่า (Cupola furnace) ผู้วิจัยได้ออกแบบให้มีลักษณะส่วนโครงสร้างภายนอกเป็นเหล็กเหนียวขึ้นรูปทรงกระบอกแบบสองชั้นตั้งอยู่บนฐานรองรับ ตัวเตาถลุงมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 15 นิ้ว (380 มิลลิเมตร) มีความสูงรวมทั้งสองชั้น 57 นิ้ว (1,447 มิลลิเมตร) ส่วนฐานที่รองรับตัวเตาถลุงสูง 24 นิ้ว (609 มิลลิเมตร) โดยส่วนของเตาถลุงชั้นที่หนึ่ง(ชั้นบน) ทำจากเหล็กแผ่นม้วนขึ้นรูปเป็นรูปทรงกระบอก หนา 3 มิลลิเมตร มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 15 นิ้ว (380 มิลลิเมตร) ขนาดความสูง 21 นิ้ว (533 มิลลิเมตร) โดยทำการเทปูนทนไฟที่ด้านในเพื่อใช้เป็นเปลือกเตาถลุงหนา 2.5 นิ้ว (60.5 มิลลิเมตร) ส่วนของเตาถลุงชั้นที่สอง (ชั้นล่าง) ทำจากเหล็กแผ่นม้วนขึ้นรูปเป็นรูปทรงกระบอก หนา 3 มิลลิเมตร เช่นเดียวกับชั้นที่หนึ่ง มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 15 นิ้ว (380 มิลลิเมตร) ขนาดความสูง 36 นิ้ว (914 มิลลิเมตร) โดยทำการเทปูนทนไฟที่ด้านในเพื่อใช้เป็นเปลือกเตาถลุงหนา 2.5 นิ้ว (60.5 มิลลิเมตร) โดยที่ด้านข้างเตาถลุงชั้นที่

สอง (ชั้นล่าง) นี้จะมีช่องสำหรับส่งลม (Wind belt) เข้าไปยังส่วนด้านในของเตาถลุงเพื่อป้อนลมร้อนเข้าไปเพื่อช่วยในการเผาไหม้ให้สมบูรณ์โดยในขณะที่เผาไหม้จะผ่านลมร้อนเข้าไปในเตาเพื่อช่วยให้อุณหภูมิภายในเตาอยู่ระหว่าง 1,000 ถึง 1,300 องศาเซลเซียส ซึ่งช่องส่งลม (Wind belt) นี้ทำจากเหล็กแผ่นมีความหนา ¼ นิ้ว (7 มิลลิเมตร) ม้วนขึ้นรูปเป็นรูปทรงกระบอกสวมรัดที่ด้านข้างของผนังเตาชั้นที่สอง(ชั้นล่าง) โดยขนาดของช่องส่งลมมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 21 นิ้ว (533 มิลลิเมตร) สูง 6 นิ้ว (152 มิลลิเมตร) และที่ด้านข้างของผนังเตาชั้นที่สอง(ชั้นล่าง)ในส่วนด้านล่างของช่องส่งลม มีรูเพื่อให้สามารถนำน้ำเหล็กและขี้ตะกรันไหลออกในช่วงกลางของตัวเตา โดยมีการเจาะรูเพื่อใช้ระบายแสลก หรือ (Slag hole) และรูสำหรับเจาะนำเหล็ก หรือ (Tap hole) ไว้อย่างละหนึ่งรูในทิศทางตรงกันข้ามกัน ส่วนที่ด้านล่างสุดของเตาถลุงชั้นที่สอง (ชั้นล่าง) จะเป็นช่องที่สามารถปิด-เปิดได้เพื่อใช้สำหรับทำความสะอาดและขจัดสิ่งที่หลงเหลือหลังจาการถลุงในขั้นตอนสุดท้ายทำจากเหล็กแผ่นหนา 3/8 นิ้ว (9 มิลลิเมตร) และส่วนฐานของเตาถลุงทำจากเหล็กท่อกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 นิ้ว มีความสูงจากพื้นถึงระดับก้นเตา 24 นิ้ว (609 มิลลิเมตร) โดยผลจากการทดสอบประสิทธิภาพการถลุงเหล็กน้ำพี้ด้วยเตาสำหรับถลุงแร่เหล็กน้ำพี้ ตามหลักการถลุงตามกระบวนการทางตรง (Direct iron smelting process) ด้วยเตาคิวโปล่า (Cupola furnace) แสดงไว้ตามตารางที่ 1

รูปที่ 6 เตาคิวโปล่าใช้ถลุงแร่เหล็กน้ำพี้

ตารางที่ 1 ผลการทดลองถลุงแร่เหล็กน้ำพี้โดยใช้แร่เหล็กน้ำพี้

ครั้งที่	เวลาถลุง (ชั่วโมง)	เวลาทั้งหมด (ชั่วโมง)	ปริมาณแร่ที่ใช้ (กิโลกรัม)	ปริมาณถ่านไม้ (กิโลกรัม)	ปริมาณเหล็ก (กิโลกรัม)	เปอร์เซ็นต์ (%)
1	1.06	4.05	5	76	1.0	20
2	1.07	4.05	5	68	1.6	32
3	1.05	4.07	5	65	1.6	32
เฉลี่ย	1.06	4.05	5	69.6	1.4	28

จากการทดลองถลุงแร่เหล็กน้ำพี้โดยใช้แร่เหล็กน้ำพี้ครั้งละ 5 กิโลกรัม ที่ใช้ระยะเวลาในการทิ้งให้เหล็กที่ถลุงเสร็จแล้วอยู่ในเตาถลุงเป็นเวลา 3 ชั่วโมง การทดลองครั้งที่ 1 ใช้เวลาในการทดลองถลุง 1 ชั่วโมง 6 นาที ได้เนื้อเหล็ก 1.0 กิโลกรัม คิดเป็นเปอร์เซ็นต์เหล็กที่ได้ 20 เปอร์เซ็นต์ การทดลองครั้งที่ 2 ใช้เวลาในการทดลองถลุง 1 ชั่วโมง 7 นาที ได้เนื้อเหล็ก 1.60 กิโลกรัม คิดเป็นเปอร์เซ็นต์เหล็กที่ได้ 32 เปอร์เซ็นต์ การทดลองครั้งที่ 3 ใช้เวลาในการทดลองถลุง 1 ชั่วโมง 5 นาที ได้เนื้อเหล็ก 1.60 กิโลกรัม คิดเป็นเปอร์เซ็นต์เหล็กที่ได้ 32 เปอร์เซ็นต์ โดยจากการทดลองถลุงทั้งสามครั้งได้ผลเฉลี่ยเป็นเวลาที่ใช้ในการถลุง 1 ชั่วโมง 6 นาที ได้เนื้อเหล็ก 1.4 กิโลกรัม คิดเป็นเปอร์เซ็นต์เหล็กที่ได้ 28 เปอร์เซ็นต์

5. อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

จากศึกษาและรวบรวมองค์ความรู้เกี่ยว/หลักฐานเกี่ยวกับกระบวนการถลุงเหล็กน้ำพี้แบบโบราณจากผู้รู้/ปราชญ์ชาวบ้าน/หลักฐานที่หลงเหลืออยู่ทั้งที่เป็นซากเตาถลุงแบบโบราณ เศษขี้ตะกรันที่หลงเหลือจากการถลุง และเครื่องมือเครื่องใช้ที่ผลิตจากเหล็กน้ำพี้ในพื้นที่ตำบลน้ำพี้ ในงานวิจัยนี้พบว่าองค์ความรู้/ภูมิปัญญาท้องถิ่นด้านการถลุงเหล็กน้ำพี้ของชาวบ้านในปัจจุบันมีหลงเหลืออยู่น้อยมาก เนื่องจากองค์ความรู้ด้านการถลุงเหล็กน้ำพี้ด้วยเตาถลุงแบบโบราณได้เกิดการสูญหายไปแล้ว อาจจะจะเนื่องมาจากขาดการถ่ายทอดองค์ความรู้/ภูมิปัญญาสู่คนรุ่นหลัง หรืออาจจะเกิดจากการไม่ใส่ใจที่จะสืบถอดองค์ความรู้ของคนในพื้นที่เอง รวมทั้งหลักฐานที่เกี่ยวข้องกับเตาถลุงเหล็กน้ำพี้แบบโบราณส่วนใหญ่มักจะถูกทุบทำลายหลังจากการถลุงเหล็กแล้วเสร็จ ดังนั้นจึงทำให้ในปัจจุบันไม่มีซากเตาถลุงที่สมบูรณ์หลงเหลืออยู่แต่อย่างไร ดังนั้นการวิจัยเพื่อการจัดการความรู้และการพัฒนาชุดความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ได้สร้างขึ้นนี้จึงสามารถใช้เป็นแนวทางในการอนุรักษ์และต่อยอดภูมิปัญญาท้องถิ่นการถลุงสินแร่เหล็กน้ำพี้ ตำบลน้ำพี้ อำเภอทองแสนขัน จังหวัดอุตรดิตถ์ ได้ต่อไปในอนาคต เนื่องจากเป็นงานวิจัยที่ได้ศึกษาและรวบรวมข้อมูลจากผู้รู้/ปราชญ์ชาวบ้าน/องค์

ความรู้/ภูมิปัญญาท้องถิ่นเกี่ยวกับกระบวนการถลุงเหล็กน้ำพี้ไว้อย่างเป็นลายลักษณ์อักษร พร้อมทั้งได้มีการนำองค์ความรู้/ภูมิปัญญาท้องถิ่นเหล่านั้นมาใช้เป็นแนวทางในการพัฒนากระบวนการถลุงแร่เหล็กน้ำพี้ด้วยการพัฒนาเตาถลุงที่มีความเหมาะสมกับการใช้งานของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนผู้ผลิตผลิตภัณฑ์จากแร่เหล็กน้ำพี้ และสร้างเป็นชุดความรู้ทางวิทยาศาสตร์การถลุงสินแร่เหล็กน้ำพี้ ตำบลน้ำพี้ อำเภอทองแสนขัน จังหวัดอุตรดิตถ์ เพื่อใช้เป็นเอกสาร/หลักฐานประกอบการศึกษาและถ่ายทอดองค์ความรู้ของชุมชม โดยชุดความรู้ทางวิทยาศาสตร์จากภูมิปัญญาท้องถิ่นด้านการถลุงแร่เหล็กน้ำพี้เป็นเอกสารที่ประกอบไปด้วยสาระเนื้อหาส่วนสำคัญสี่ส่วนคือ ส่วนที่หนึ่งเป็นการอธิบายสรุปถึงองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์การผลิตและการถลุงสินแร่เหล็ก ส่วนที่สองเป็นเนื้อหาที่อธิบายถึงกระบวนการถลุงแร่เหล็กน้ำพี้ที่เป็นองค์ความรู้/ภูมิปัญญาท้องถิ่นชุมชนบ้านน้ำพี้ ส่วนที่สามเป็นเนื้อหาที่อธิบายถึงกระบวนการถลุงแร่เหล็กน้ำพี้ที่มีการพัฒนาขึ้นโดยใช้องค์ความรู้/ภูมิปัญญาท้องถิ่นเป็นฐานและใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์มาใช้เพื่อการเพิ่มประสิทธิภาพการถลุงแร่เหล็กน้ำพี้ และส่วนที่สี่เป็นเนื้อเกี่ยวกับการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติทางโลหะวิทยาของเหล็กน้ำพี้ที่ถลุงโดยวิธีการแบบภูมิปัญญาท้องถิ่นกับกระบวนการถลุงที่พัฒนาขึ้น ซึ่งถือว่าชุดความรู้ทางวิทยาศาสตร์จากภูมิปัญญาท้องถิ่นด้านการถลุงแร่เหล็กน้ำพี้ที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้นนี้จึงสามารถใช้เป็นแนวทางหนึ่งในการอนุรักษ์และต่อยอดภูมิปัญญาท้องถิ่นการถลุงสินแร่เหล็กน้ำพี้ ตำบลน้ำพี้ อำเภอทองแสนขัน จังหวัดอุตรดิตถ์ ได้ต่อไป

6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้ดำเนินการวิจัยใคร่ขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษา และคุณไวพจน์ เพ็งเปิ้น ประธานกลุ่มอาชีพผลิตผลิตภัณฑ์จากเหล็กน้ำพี้ หมู่ที่ 9 บ้านน้ำพี้ ตำบลน้ำพี้ อำเภอทองแสนขัน จังหวัดอุตรดิตถ์ ที่ให้ความร่วมมือ เอื้อเฟื้อสถานที่และสละเวลาในการให้ข้อมูลต่างๆ ซึ่งมีความสำคัญในการทำงานวิจัยครั้งนี้

7. เอกสารอ้างอิง

กนกพร ฉิมพลี. (2555). **รูปแบบการจัดการความรู้ภูมิปัญญาท้องถิ่นด้านหัตถกรรมเครื่องจักสาน: กรณีศึกษาวิสาหกิจชุมชน จังหวดนครราชสีมา.** (วิทยานิพนธ์ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต). สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์, กรุงเทพฯ.

กรมศิลปากร. (2532). **แผนที่ทางโบราณคดีจังหวัดบุรีรัมย์: เอกสารกองโบราณคดีหมายเลข 4/2532**. กรุงเทพฯ: ชุมนุมสหกรณ์แห่งประเทศไทยจำกัด.

กรมศิลปากร. (2553). **โบราณคดีเมืองอู่**ตะเภา: โครงการสำรวจแหล่งโบราณคดี. กรุงเทพฯ: ป. สัมพันธ์พาณิชย์

ชาติชาย ร่มสนธิ์ และคณะ. (2535). **การศึกษาแหล่งโบราณคดีก่อนประวัติศาสตร์กับการใช้โลหะในบริเวณจังหวัดราชบุรีและบริเวณใกล้เคียง.** สถาบันวิจัยแห่งชาติ,กรุงเทพฯ.

ณพศิษฏ์ จักรพิทักษ์. (2552). **ทฤษฎีการจัดการความรู้.** กรุงเทพฯ: ธนาเพรส.

ณัฐชนันท์ ปลายเนตร และ ศุภชัย ปลายเนตร. (2554). **การพัฒนาเตาเผาเหล็กสำหรับอุตสาหกรรมผลิตมีดพร้าชุมชน.** มหาวิทยาลัยนครพนม, นครพนม.

ภาวิณี รัตนเสรีสุข. (2542). **การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและโครงสร้างภายในของดาบเหล็กทรงโค้งจากแหล่งโบราณคดีบ้านโป่งมะนาว ตำบลห้วยขุนราม อำเภอพัฒนานิคม จังหวัดลพบุรี**. มหาวิทยาลัยศิลปากร, กรุงเทพฯ.

สุพจน์ พรหมมาโนช. (2532). **เตาบ้านกรวด บุรีรัมย์.** กรุงเทพฯ: กรมศิลปกร.

สุรพล นาถะพินธุ์. (2544, สิงหาคม). **โบราณวิทยาเรื่องโลหะสมัยก่อนประวัติศาสตร์ในประเทศไทย.** เอกสารประกอบการสัมมนาเรื่อง นิทรรศการโบราณคดี.คณะโบราณคดี มหาวิทยาลัยศิลปากร, กรุงเทพฯ

สิงหเดช แตงจวง. (2550). **การศึกษาองค์ประกอบของธาตุและสมบัติทางกายภาพของเหล็กน้ำพี้ในชุมชนบ้านน้ำพี้**. สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ, กรุงเทพฯ.

อนุวัฒน์ จุติลาภถาวร. (2552). **การสร้างเตาถลุงเหล็กและถลุงเหล็กจากแร่เหล็กน้ำพี้.** มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพ.

อิสราวรรณ อยู่ป้อม. (2553). **การศึกษาเตาถลุงเหล็กสมัยโบราณที่บ้านเขาดินใต้ อำเภอบ้านกรวด จังหวัดบุรีรัมย์.** สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ, กรุงเทพฯ.

Askeland, D.R. (1993). **The science and engineering of materials.** Singapore: PWS Publishing.

Howard, E.B., & Timothy, L.G. (1985). **Metals handbook** (Desk Edition), ASM: Ohio.

William D., & Callister, Jr. (2007). **Materials science and engineering: An introduction.** Asia: John Wiley & Sons.