

การประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจอุตสาหกรรมอัญมณีและเครื่องประดับ เพื่อกำหนดแนวทางการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

The Eco-Efficiency Evaluation of Gem and Jewelry Industry, and setting the guidelines towards reducing Greenhouse Gas Emissions

สุภากร ภิญโญจัตตจินดา¹ กนกอร เนตรชู² สิมันต ตรีเดช³ สาวิตรี ม่วงศรี⁴ และ อุทัย แก้วกลม^{5*}

Supaporn Pinyochatchinda¹, Kanokaon Netchu², Simanata Threedeach³,

Savitree Moungsree⁴ and Uthai Krawglom^{5*}

^{1,2,5}สาขาวิชานวัตกรรมการจัดการ คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์

^{3,4}คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยสวนดุสิต

^{1,2,5}Management Innovation, Business Administration, Rajamangala University of Technology Rattanakosin

^{3,4}Faculty of Science and Technology, Suan Dusit University

E-mail: ¹supaporn.pin@rmutr.ac.th, ²kanokaon.net@rmutr.ac.th, ³simanata@hotmail.com,

⁴savitree982@gmail.com, ^{5*}uthai.kra@rmutr.ac.th

บทคัดย่อ

การวิเคราะห์การประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจอุตสาหกรรมอัญมณีและเครื่องประดับ เพื่อกำหนดแนวทางการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ด้วยการประเมินมูลค่าผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม ของกิจกรรมการผลิตและการปล่อยของเสีย การปล่อยก๊าซเรือนกระจก เพื่อนำไปกำหนดแนวทางการปล่อยก๊าซ เรือนกระจก ผลการศึกษา การประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจอุตสาหกรรมอัญมณีและเครื่องประดับ ทั้ง 70 แห่ง มีลักษณะของการเพิ่มขึ้นและลดลงไม่คงที่ การพบตัวชี้วัดทางด้านสิ่งแวดล้อมในประเด็นการมีปริมาณ น้ำเสีย พบว่า มีตัวเลขค่อนข้างคงที่ไม่ลดลงซึ่งอยู่ที่ร้อยละ 80 ของปริมาณใช้น้ำทั้งหมด แต่เมื่อพิจารณา ถึงกระบวนการผลิต พบว่า ในกระบวนการผลิตอุตสาหกรรมอัญมณีและเครื่องประดับ มีการใช้น้ำเข้ามาช่วย ในการชำระล้างต่าง กรด และสารเคมี ซึ่งกระบวนการผลิตทั้ง 3 กระบวนการ ล้วนทำให้เกิดน้ำเสียจำนวนมาก ดังนั้นการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการตกตะกอนทางเคมี ซึ่งถือว่าเป็นวิธีการบำบัดที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย ไม่มีความยุ่งยาก และมีประสิทธิภาพในการบำบัดสูง ซึ่งพบว่าการตกตะกอนทางเคมีสามารถกำจัดสังกะสี โครเมียม

* Corresponding author, e-mail: uthai.kra@rmutr.ac.th

และทองแดงได้มากกว่า 95% และทำให้คุณภาพน้ำภายหลังจากการบำบัดมีค่าต่ำกว่ามาตรฐานที่กำหนด สำหรับแนวทางการปรับปรุงกระบวนการผลิตที่สามารถช่วยในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้นั้น คือ การใช้พลังงานทดแทน (พลังงานลม/พลังงานแสงอาทิตย์) หรือการปรับเปลี่ยนเครื่องจักร เครื่องใช้ไฟฟ้า หลอดไฟภายในโรงงานที่ช่วยประหยัดพลังงานเพิ่มขึ้น

คำสำคัญ: ประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ ตัวชี้วัดด้านเศรษฐศาสตร์ ตัวชี้วัดด้านสิ่งแวดล้อม

Abstract

This study evaluates the eco-efficiency of the gem and jewelry industry and establishes guidelines for reducing greenhouse gas (GHG) emissions. It focuses on unit cost and Environmental Impact Assessment (EIA) of production activities, waste generation, and GHG emissions. An analysis of economic indicators from 70 factories revealed unstable fluctuations. Environmental indicators showed wastewater content stabilized at 80% of total wastewater. Water consumption in gem and jewelry production, particularly for rinsing alkaline, acidic, and chemical solutions, contributes significantly to this wastewater. Chemical precipitation, a widely used wastewater treatment method due to its simplicity and efficiency, effectively removes over 95% of zinc, chromium, and copper. However, treated water quality remains below standards. To improve production processes and reduce GHG emissions, the study recommends implementing renewable energy sources (e.g., wind or solar power) and modifying machinery, electrical appliances, and lighting to increase energy efficiency.

Keywords: Eco-efficiency, Economic indicator, Environmental indicator

1. ที่มาและความสำคัญ

ปัจจุบันแนวความคิดการจัดการทางอุตสาหกรรมที่ให้ความสำคัญกับการผลิตที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม การเฝ้าระวังปัญหามลพิษที่ส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศ เป็นแนวคิดที่ได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวาง เพื่อมุ่งสู่การเป็นอุตสาหกรรมเชิงนิเวศ บนแนวความคิดการพัฒนาที่ยั่งยืน (Sustainable Development) ด้วยการมุ่งเน้นมิติความสมดุลของผลกระทบจากการผลิต (Impact production) 3 ประการ ประกอบด้วย ผลกระทบทางมิติสังคม มิติสิ่งแวดล้อม และมิติเชิงเศรษฐกิจ [1] ส่งผลให้ภาคอุตสาหกรรมต้องคำนึงถึงระบบการผลิตที่มีการใช้พลังงาน วัสดุต่าง ๆ อย่างสมดุลและเหมาะสม (Optimized) มุ่งให้เกิดของเสียจากการผลิตออกมาน้อยที่สุด เน้นการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต ใช้วัสดุและพลังงานอย่างคุ้มค่า เพื่อลดปริมาณของเสียที่เกิดจากการผลิต รักษาความสมดุลในระบบนิเวศ ภายใต้แนวความคิดพัฒนาที่ยั่งยืนที่ให้ความสำคัญกับการผลิต การพัฒนาตามแนวคิดนี้ เป็นผลให้แนวความคิดพัฒนาเศรษฐกิจนิเวศเชิงพื้นที่เกิดขึ้นหลายรูปแบบ เช่น นครหรือเมืองขนาดใหญ่ (Eco-city) เมืองนิเวศ (Eco-town) และนิคมอุตสาหกรรมนิเวศ (Eco-Industrial Estate) [2] อันเป็นเป้าหมายที่

สำคัญของนานาประเทศทั่วโลกในการแก้ไขปัญหาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และก้าวสู่การพัฒนาอย่างยั่งยืนในระยะยาว

การประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจเป็นหลักการเชิงทฤษฎี ริเริ่มโดยสภาธุรกิจโลกเพื่อการพัฒนาประเทศที่ยั่งยืน (World Business Council for Sustainable Development หรือ WBCSD) และได้รับการยอมรับอย่างเป็นทางการในการประชุมสุดยอดด้านสิ่งแวดล้อมที่ชื่อ “Earth Summit” เมื่อปี ค.ศ.1992 หรือ พ.ศ.2535 ให้เป็นเครื่องมือในการจัดการให้ภาคธุรกิจให้มีศักยภาพในการแข่งขันมากขึ้น มีนวัตกรรมมากขึ้นควบคู่ไปกับการรับผิดชอบต่อทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม โดย WBCSD ได้กำหนดแนวทางที่จะช่วยให้การดำเนินงานด้านธุรกิจประสบความสำเร็จในเชิงนิเวศเศรษฐกิจ 7 ประการ ดังนี้ 1) ลดการใช้ทรัพยากรหรือวัตถุดิบในการผลิตและการบริการ 2) ลดการใช้พลังงานในการผลิตและการบริการ 3) ลดการระบายสารพิษออกสู่สิ่งแวดล้อม 4) เสริมสร้างศักยภาพการนำวัสดุกลับมาใช้ใหม่ 5) ส่งเสริมการใช้ทรัพยากรหมุนเวียน 6) เพิ่มอายุของผลิตภัณฑ์ และ 7) เพิ่มระดับการให้บริการแก่ผลิตภัณฑ์และเสริมสร้างธุรกิจบริการ

เมื่อประเมินสถานการณ์ปัจจุบัน พบว่า ไทยประสบปัญหาด้านประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ จากข้อมูลของเครือข่ายฟุตพริ้นท์โลก (Global Footprint Network) พบว่า ไทยมีการใช้ทรัพยากรเพื่อรองรับภาคการผลิตและบริการเกินขีดความสามารถที่ระบบนิเวศจะรองรับได้ จึงเป็นความสำคัญอย่างเร่งด่วน ในการแยกให้ปริมาณการใช้ทรัพยากรและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ไม่เพิ่มขึ้นในอัตราเดียวกับการเติบโตทางเศรษฐกิจ เนื่องจากความสำคัญนี้ ภาครัฐจึงได้กำหนดแนวทางประเมินผลการดำเนินงานของรัฐบาลกิจ โดยประเมินรัฐบาลกิจนำร่อง จำนวน 18 แห่ง จาก จำนวน 54 แห่ง และกำหนดให้มีการส่งเสริมการใช้นวัตกรรมและเทคโนโลยีที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม มีการประเมินและรายงานผลตามมาตรฐานสากล ด้วยหลักแนวคิดสำคัญ 3 ประการ คือ 1) การเพิ่มคุณค่า (Value) ของผลิตภัณฑ์หรือบริการ 2) ลดการใช้ทรัพยากร (Resource) และ 3) ลดการปล่อยมลสาร (Emission) หรือผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม โดยอ้างอิงกรอบแนวคิดบางส่วนตามมาตรฐาน ISO 14045:2012 ซึ่งมีลักษณะสำคัญของการประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ (Key features of an eco-efficiency assessment) ได้แก่ 1) การประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจเป็นการประเมินประสิทธิภาพด้านสิ่งแวดล้อมที่สัมพันธ์กับคุณค่าของระบบผลิตภัณฑ์ 2) การประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ เป็นการบริหารจัดการด้านสิ่งแวดล้อมควบคู่กับด้านคุณค่า และ 3) การประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ เป็นการประเมินระบบผลิตภัณฑ์ [3]

อุตสาหกรรมอัญมณีและเครื่องประดับ เป็นหนึ่งในอุตสาหกรรมอันดับต้น ๆ ที่มีความสำคัญต่อการพัฒนาเศรษฐกิจและการค้าภายในและระหว่างประเทศ ส่งเสริมการท่องเที่ยว การจ้างงาน การสร้างมูลค่าเพิ่ม การยกระดับความคิดสร้างสรรค์ อีกทั้ง ก่อให้เกิดการขยายตัวของธุรกิจผลิตสินค้าและบริการเกี่ยวเนื่องจำนวนมาก มีอัตราการเติบโตอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ปี 2550-2554 มีมูลค่าการส่งออกต่อ GDP มีสัดส่วนเฉลี่ยร้อยละ 3.45 หรือมากกว่า 369,030 ล้านบาท และขยายตัวเพิ่มขึ้นร้อยละ 2.2 ระหว่างปี 2553-2554 ในปี 2555 มีมูลค่าการส่งออกสูงถึงมากกว่า 4.1 แสนล้านบาท [4] ด้านการจ้างงาน สร้างรายได้เข้าประเทศมากเป็นอันดับที่ 3 โดยมีตลาดที่สำคัญ ได้แก่ ยุโรป ฮองกง สหรัฐอเมริกา ออสเตรเลีย อินเดีย ญี่ปุ่น และตะวันออกกลาง สินค้าที่ส่งออกมาก ได้แก่ ทองคำ เครื่องประดับทองแท้ เครื่องประดับเงินแท้ และเพชร ตั้งแต่ปี 2553 ไทยได้รับการจัดอันดับให้เป็นผู้นำของโลกด้านการผลิตเครื่องประดับเงินแปรรูปเพื่อส่งออกและป้อนตลาดภายในประเทศ มีโครงสร้างของอุตสาหกรรม 2 กลุ่ม

ได้แก่ (1) อุตสาหกรรมเจียรไนอัญมณี ได้แก่ อุตสาหกรรมเจียรไนเพชรและพลอยสี และ (2) อุตสาหกรรมผลิตเครื่องประดับ ซึ่งแบ่งเป็นอุตสาหกรรมเครื่องประดับทองและเครื่องประดับเงิน และอุตสาหกรรมเครื่องประดับเทียม [4]

เห็นได้ว่าอุตสาหกรรมอัญมณีและเครื่องประดับ เป็นอุตสาหกรรมที่มีสำคัญต่อระบบเศรษฐกิจสูง ทั้งในมิติทางสังคมและเศรษฐกิจ และมีความสำคัญต่อธุรกิจที่เกี่ยวข้องและเกี่ยวเนื่อง รวมถึงการมีโอกาสำคัญในการเป็นศูนย์กลางการค้าของโลก คณะผู้วิจัยจึงมีความสนใจในการศึกษาวิเคราะห์ประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของอุตสาหกรรมอัญมณีและเครื่องประดับ เพื่อประเมินประสิทธิภาพ ผลการปล่อยของเสียและก๊าซเรือนกระจก และกำหนดแนวทางการลดก๊าซเรือนกระจก อันจะนำไปสู่การพัฒนาอย่างยั่งยืน สอดคล้องแนวทางการประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ ตามคู่มือการประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของรัฐวิสาหกิจไทย [3] โดยสามารถจะนำผลการศึกษาประยุกต์ใช้เป็นเครื่องมือเพื่อการประเมินและชี้วัดแนวโน้มประสิทธิภาพขององค์กร และประกอบการพิจารณากำหนดเป็นตัวชี้วัดความสำเร็จในการเป็นอุตสาหกรรมเชิงนิเวศของอุตสาหกรรมอัญมณีและเครื่องประดับต่อไป

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 2.1 เพื่อศึกษากิจกรรมการผลิตของอุตสาหกรรมอัญมณีและเครื่องประดับที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม
- 2.2 เพื่อศึกษาผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมของกิจกรรมการผลิตของอุตสาหกรรมอัญมณีและเครื่องประดับ
- 2.3 เพื่อจัดทำแนวทางการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

3. ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

- 3.1 ประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจกับการพัฒนาอย่างยั่งยืนของภาคธุรกิจอุตสาหกรรม

การพัฒนาอย่างยั่งยืน (Sustainable Development) ของภาคธุรกิจอุตสาหกรรมของประเทศถูกจัดเป็นประเด็นที่หลายๆ หน่วยงานได้ให้ความสำคัญในปัจจุบัน ซึ่งการพัฒนาอย่างยั่งยืน คือ การพัฒนาอย่างสมดุล โดย ประเวศ วะสี [2] ได้กล่าวไว้ว่า พัฒนาอย่างสมดุลเป็นการพัฒนาที่มีการบูรณาการให้เกิดองค์รวม คือ องค์ประกอบทั้งหลายที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ เศรษฐกิจ สิ่งแวดล้อม และมนุษย์ เกิดการประสานกันครบองค์ และมีดุลยภาพ ซึ่งจะทำให้เกิดสภาพที่เรียกว่า เป็นภาวะยั่งยืน

ประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ เป็นทั้งแนวทางการจัดการสำหรับภาคธุรกิจอุตสาหกรรมที่มีการผสมผสานมุมมองในมิติด้านเศรษฐกิจ ควบคู่ไปกับมิติด้านสิ่งแวดล้อม และดัชนีชี้วัดที่ใช้ตรวจสอบลักษณะความมีประสิทธิภาพของธุรกิจอุตสาหกรรม ในมิติด้านเศรษฐกิจ และสิ่งแวดล้อม โดยสามารถนำผลลัพธ์ที่ได้จากการประเมินไปใช้เปรียบเทียบสถานภาพของธุรกิจ หรือองค์กรของตนเอง สามารถนำไปใช้เป็นดัชนีที่แสดงแนวโน้ม และกำหนดทิศทางการดำเนินงานของธุรกิจอุตสาหกรรมเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด สามารถนำไปสู่การพัฒนาอย่างมีดุลยภาพได้

การประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ

การประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ ดำเนินการวิเคราะห์โดยนำตัวชี้วัดด้านคุณค่ามาหารกับผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่ปล่อยออกมา โดยสมการหลักที่ใช้ในการคำนวณประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ คือ [16]

$$\text{Eco-efficiency} = \frac{\text{Product system value}}{\text{Environmental impact of a product system}}$$

โดยที่ Eco – efficiency = ค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ

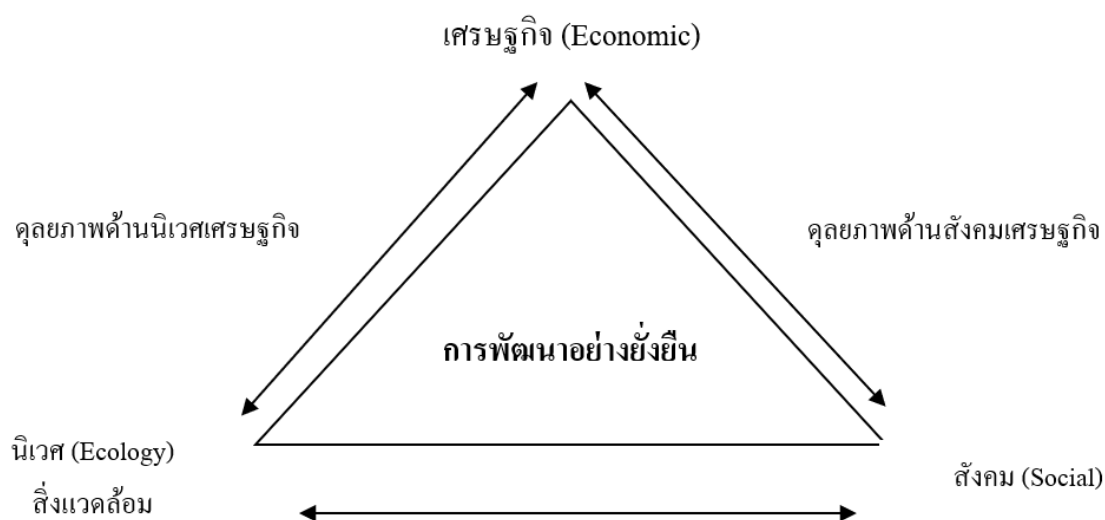
Product system value = คุณค่าของระบบผลิตภัณฑ์

Environmental impact of a product system = ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (ลดการใช้ทรัพยากร)

นอกจากนี้เนื่องจากการวิจัยนี้ ได้มีการจัดทำแนวทางการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของอุตสาหกรรม อัญมณีและเครื่องประดับ ซึ่งสามารถคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปลดปล่อยจากกิจกรรมต่าง ๆ ได้โดยอาศัย หลักการ ดังนี้ [17]

- กิจกรรม x ค่าการปล่อย GHGs (Emission Factor)
- ผลลัพธ์ที่ได้เรียกว่า “คาร์บอนฟุตพริ้นท์ (Carbon footprint)”

การนำเอาประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจมาใช้เป็นดัชนีชี้วัดเพื่อรายงานผลการดำเนินงานขององค์กรธุรกิจ อุตสาหกรรมปัจจุบันเริ่มได้ความเป็นสากลทั่วโลกเพิ่มมากขึ้น เนื่องด้วยสามารถรายงานผลการดำเนินงาน ที่ผ่าน แนวโน้มและทิศทางการดำเนินงานในอนาคตขององค์กรธุรกิจนั้น ๆ ในมิติเชิงเศรษฐกิจ ควบคู่ไปกับมิติ ด้านสิ่งแวดล้อม ซึ่งถ้าหากมีการเพิ่มการประเมินในมิติด้านสังคมเข้าไว้ร่วมกับผลการประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศ เศรษฐกิจก็จะทำให้รายงานผลการดำเนินงานขององค์กรธุรกิจนั้นมีความครอบคลุมมิติด้านต่าง ๆ ของภาวะยั่งยืน การรายงานผลการดำเนินงานขององค์กรธุรกิจที่นำเอาประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจมาใช้เป็นดัชนีชี้วัดมีความแตกต่าง จากการรายงานผลการดำเนินงานขององค์กรธุรกิจในอดีตที่ผ่านมา ที่สามารถรายงานและคาดการณ์แนวโน้มมิติ ด้านเศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อมแยกกันเพียงด้านเดียวเท่านั้น การนำเอาประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจไปใช้ เป็นดัชนีชี้วัดสำหรับการรายงานผลการดำเนินงานขององค์กรธุรกิจจึงถือเป็นการรายงานผลการดำเนินงานที่มี การบูรณาการองค์ประกอบด้านเศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อมเข้าไว้ด้วยกัน โดยสามารถแสดงองค์ประกอบของการพัฒนา อย่างยั่งยืนได้ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 องค์ประกอบของการพัฒนาอย่างยั่งยืน [5]

3.2 การพัฒนาอุตสาหกรรมเชิงนิเวศ

การพัฒนาอุตสาหกรรมเชิงนิเวศซึ่งให้ความสำคัญเป็นพิเศษกับวงจรของวัตถุดิบ มักจะมีการดำเนินการอยู่ในระดับนิคมอุตสาหกรรม หรือสวนอุตสาหกรรม [6] สำหรับประเทศไทย กรมโรงงานอุตสาหกรรมได้กำหนดแนวทางการพัฒนาอุตสาหกรรมเชิงนิเวศ โดยเน้นการใช้หลัก 3Rs การประหยัดพลังงานและการปฏิบัติตามมาตรฐานต่าง ๆ การดำเนินการเริ่มจากภายในกลุ่มอุตสาหกรรมไปสู่อุตสาหกรรมต่อเนื่อง เป็นสังคมของการหมุนเวียนทรัพยากร รวมถึงการเปิดเผยข้อมูลต่อสาธารณะและให้ท้องถิ่นและชุมชนเข้ามามีส่วนร่วมในการพัฒนาด้วย เมืองอุตสาหกรรมเชิงนิเวศ (Eco Industrial Town) เป็นเมืองหรือพื้นที่ซึ่งมีการพัฒนาอุตสาหกรรมโดยให้มีความเชื่อมโยงของนิคมอุตสาหกรรม สวนอุตสาหกรรม เขตประกอบการอุตสาหกรรม หรือชุมชนอุตสาหกรรมกับกลุ่มโรงงาน องค์กร หน่วยงานท้องถิ่นและชุมชนโดยรอบ ให้เจริญเติบโตไปด้วยกัน ภายใต้การกำกับดูแลสิ่งแวดล้อมที่ดี และการร่วมมือกันขับเคลื่อนอย่างจริงจังของคนในพื้นที่ โดยสามารถดำเนินการได้ทุกระดับตั้งแต่ (1) ระดับปัจเจกชน เช่น ครอบครัวและโรงงาน (2) ระดับกลุ่มอุตสาหกรรมหรือชุมชน เช่น นิคมอุตสาหกรรมหรือหมู่บ้านหรือตำบล และ (3) ระดับเมือง หรือเครือข่ายของเมืองหรือจังหวัด โดยคุณลักษณะมาตรฐานการเป็นเมืองอุตสาหกรรมเชิงนิเวศ ของการนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย จำนวน 5 มิติ 20 ด้าน แสดงดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 แสดงข้อกำหนดมาตรฐานการเป็นเมืองอุตสาหกรรมเชิงนิเวศ [1]

4. วิธีดำเนินการวิจัย

4.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร คือ ผู้ประกอบการอุตสาหกรรมอัญมณี รวมทั้งหมด 108 ราย เป็นผู้ประกอบการหลักที่สร้างมูลค่าผลผลิตต่อปี ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 30 จากมูลค่าผลิตภัณฑ์นำเข้าและส่งออกและมูลค่าการใช้รวมต่อปี

กลุ่มตัวอย่าง คือ ผู้ประกอบการอุตสาหกรรมอัญมณี รวมทั้งหมด 70 ราย

การเลือกกลุ่มตัวอย่างและแผนการสุ่มตัวอย่าง

การสุ่มตัวอย่าง คณะผู้วิจัยเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบไม่อาศัยหลักความน่าจะเป็น (Non-Probability Sampling) คือ การสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (

11.การจัดการด้านเหตุ เดือรื้อนราคาณ	12.การจัดการกระบวนการ ผลิต
--	-------------------------------

สงค์ของ
การวิจัย [7]

การกำหนดกลุ่มตัวอย่าง จากกลุ่มประชากรทั้งหมด 108 แห่ง ผู้วิจัยได้ดำเนินการคัดเลือกเป็นกลุ่มตัวอย่าง 70 แห่ง ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 64.81 เพื่อให้ผลการวิจัยสามารถอ้างอิงไปสู่ประชากรได้มากที่สุด โดยกำหนดขนาดของตัวอย่างตามสัดส่วนจำนวนประชากร จำแนกตามพื้นที่โดยวิธีสุ่มตัวอย่างแบบจำเพาะเจาะจง

4.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา คือ สํารวจข้อมูลเกี่ยวกับมูลค่าผลิตภัณฑ์หรือบริการ (Value of a product or service) ผลกระทบของผลิตภัณฑ์หรือบริการต่อสิ่งแวดล้อม (Environmental impact of a product or service) มีทั้งแบบปลายปิดและปลายเปิด แบ่งออกเป็น 4 ตอน ได้แก่ ตอนที่ 1 เป็นแบบสำรวจเกี่ยวกับข้อมูลทั่วไปของโรงงานอุตสาหกรรม ตอนที่ 2 เป็นแบบสำรวจ-สัมภาษณ์เกี่ยวกับมูลค่าผลิตภัณฑ์หรือบริการ (Value of a product or service) ได้แก่ ปริมาณยอดขายรวม ผลกำไร กำไรเบื้องต้น และจำนวนพนักงาน ตอนที่ 3 เป็นแบบสำรวจ-สัมภาษณ์เกี่ยวกับผลกระทบของผลิตภัณฑ์หรือบริการต่อสิ่งแวดล้อม (Environmental impact of a product or service) ประกอบด้วยข้อมูลการบำบัดน้ำเสีย ข้อมูลการใช้น้ำ การใช้พลังงาน และตอนที่ 4 ข้อเสนอแนะ

4.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์ จะทำการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค Content Analysis ด้วยเครื่องมือในการสัมภาษณ์ ได้แก่ แบบสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้างและแบบสัมภาษณ์แบบไม่มีโครงสร้าง โดยทำการเก็บข้อมูลจากผู้ประกอบการในพื้นที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร นนทบุรี นครปฐม สมุทรสาคร ชลบุรี พระนครศรีอยุธยา สมุทรปราการและปทุมธานี และใช้สมการหลักที่ใช้ในการคำนวณประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ ดังนี้

$$\text{Eco-efficiency} = \frac{\text{Product system value}}{\text{Environmental impact of a product system}}$$

5. ผลและวิจารณ์

5.1 ผลการศึกษากิจกรรมการผลิตของอุตสาหกรรมอัญมณีและเครื่องประดับที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

โรงงานเครื่องประดับ มีผลิตภัณฑ์เป็นเครื่องประดับทั้งแบบประดับอัญมณีและไม่ประดับอัญมณี โดยขึ้นรูปด้วยการหล่อจากโลหะมีค่า เช่น ทองคำ หรือเงิน เป็นผลิตภัณฑ์ประเภท แหวน กำไล จี้ห้อยข้อมือจี้ห้อยคอ เป็นต้น โรงงานเครื่องประดับที่จะกล่าวในที่นี้ยังรวมถึงการผลิตพระเครื่อง เหรียญตรา และรูปบูชาต่าง ๆ ซึ่งมักขึ้นรูปด้วยโลหะประเภททองแดงด้วย ทั้งนี้ เครื่องประดับต่าง ๆ ที่ผ่านกระบวนการหล่อขึ้นรูปแล้วอาจนำมาชุบด้วยโลหะมีค่า เช่น ทองคำ แพลตินัม โรเดียม เงิน หรือโลหะอื่น ๆ ได้แก่ นิกเกิล และทองแดงตามแต่กระบวนการชุบ โดยกระบวนการผลิตเครื่องประดับนั้นสามารถแจกแจงเป็นขั้นตอนต่าง ๆ ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 ผังกระบวนการผลิตเครื่องประดับ ของอุตสาหกรรมการผลิตเครื่องประดับ

ตารางที่ 1 ของเสียในกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมอัญมณีและเครื่องประดับ

ของเสีย	การกำจัด	ปริมาณของเสีย	
		ต่อปี	ต่อชิ้นงาน 10,000 ชิ้น
ของเสียจากกระบวนการหล่อ			
เศษเทียนจากงานหล่อ	ทิ้งกับขยะทั่วไป	70 - 360 กิโลกรัม	5.8 - 9.2 กิโลกรัม
เศษปูนปลาสเตอร์ (ละลายปนกับน้ำ)	ทิ้งตากให้แห้งแล้วให้ เทศบาลมาเก็บ	12,000 - 18,000 กิโลกรัม	460 - 1,200 กิโลกรัม
สารละลายเคมีที่ใช้ล้างปูน ออกจากชิ้นงานโลหะ	เทลงบ่อบำบัดด้วยสารเคมี	60 - 85 ลิตร	1.5 - 2.2 ลิตร
ของเสียในกระบวนการแต่งชิ้นงาน			
ฝุ่นโลหะจากการแต่งชิ้นงาน	ส่งสกัดและทำให้บริสุทธิ์	1 กิโลกรัม	0.03 กิโลกรัม
ฝุ่นโลหะจากตู้ขัดชิ้นงาน	ส่งสกัดและทำให้บริสุทธิ์	ไม่มีข้อมูล	ไม่มีข้อมูล
น้ำสบูจากการล้างผิวชิ้นงาน	น้ำสบูทิ้งท่อระบายน้ำทั่วไป แต่เศษโลหะที่ตกตะกอนจะ ถูกเก็บไว้ เพื่อส่งสกัดและ ทำให้บริสุทธิ์	ไม่มีข้อมูล	ไม่มีข้อมูล
ของเสียจากกระบวนการขัด			
ฝุ่นโลหะจากตู้ขัดชิ้นงาน	ส่งสกัดและทำให้บริสุทธิ์	145 - 480 กิโลกรัม	12 - 14 กิโลกรัม
ของเสียจากกระบวนการฝัง			
เศษครึ่ง	นำกลับมาใช้ใหม่ได้	ไม่มีข้อมูล	ไม่มีข้อมูล
ครึ่งที่ละลายในทินเนอร์	แยกใส่ภาชนะเพื่อส่งกำจัด	ไม่มีข้อมูล	ไม่มีข้อมูล
ทินเนอร์	ใส่ภาชนะเพื่อส่งกำจัด	200 ลิตร	17 - 20 ลิตร

ที่มา : จากการสำรวจข้อมูล 70 แห่ง

จากตารางที่ 1 แสดงของเสียในกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมอัญมณีและเครื่องประดับนั้น พบว่า ในกระบวนการผลิตมีการใช้สารเคมีหลายอย่าง ซึ่งเสี่ยงถึงความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นได้ควรมีการจัดการอย่างเหมาะสม รวมถึงภาชนะที่ใช้บรรจุสารเคมีต้องอยู่ในสภาพที่ดี มีป้ายชื่อที่ทนทานติดอยู่พร้อมทั้งบอกอันตราย และข้อควรระวังต่าง ๆ รวมถึงควรมีภาชนะสำรองสำหรับเปลี่ยนถ่ายในกรณีที่เกิดการแตกหรือความเสียหายของภาชนะและในกรณีที่ภาชนะมีความเสี่ยงที่จะเกิดการรั่วไหล สารเคมีนั้น ๆ

จากผลการศึกษา พบว่า อุตสาหกรรมอัญมณีและเครื่องประดับ มีการจัดการสิ่งแวดล้อมและติดตามตรวจสอบคุณภาพสิ่งแวดล้อมให้เป็นไปตามกฎหมายกำหนดอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากโดยภาพรวมแล้วกิจกรรมต่าง ๆ ที่มีการใช้สารเคมีที่เกิดขึ้นในอุตสาหกรรมเครื่องประดับ มีความคล้ายคลึงกับการทำงานในห้องปฏิบัติการทางเคมี ดังนั้น ในที่นี้จึงควรมีการประยุกต์ใช้องค์ประกอบด้านความปลอดภัย (ทั้งกับสิ่งแวดล้อมและผู้ปฏิบัติการ)

ใน “แนวปฏิบัติเพื่อความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการ” โดยได้แบ่งองค์ประกอบด้านความปลอดภัยที่เชื่อมโยงกันไว้รวม 7 ด้าน ได้แก่ 1) การบริหารระบบการจัดการความปลอดภัย 2) ระบบการจัดการสารเคมี 3) ระบบการจัดการของเสีย 4) ลักษณะทางกายภาพของห้องปฏิบัติการ อุปกรณ์และเครื่องมือ 5) ระบบการป้องกันและแก้ไขภัยอันตราย 6) การให้ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการ 7) การจัดการข้อมูลและเอกสาร โดยเมื่อนำมาประยุกต์ใช้ร่วมกับแนวปฏิบัติและข้อกำหนดต่าง ๆ ที่ได้ระบุไว้คู่มือการเก็บรักษาสารเคมีและวัตถุอันตราย [8] และคู่มือการบริหารและการจัดการสารเคมีอันตรายในสถานประกอบการ [9]

5.2 ผลการศึกษาผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมของกิจกรรมการผลิตของอุตสาหกรรมอัญมณีและเครื่องประดับ

จากการศึกษาผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมของกิจกรรมการผลิตของอุตสาหกรรมอัญมณีและเครื่องประดับพบว่า มีลักษณะของการเพิ่มขึ้นและลดลงไม่คงที่ และมีข้อสังเกตในตัวชี้วัดทางด้านสิ่งแวดล้อมเรื่องของปริมาณน้ำเสีย พบว่า มีตัวเลขค่อนข้างคงที่ไม่ลดลงซึ่งอยู่ที่ร้อยละ 80 ของปริมาณใช้น้ำทั้งหมด แต่เมื่อพิจารณาลึกลงไปถึงกระบวนการผลิต พบว่าในกระบวนการผลิตอุตสาหกรรมอัญมณีและเครื่องประดับ มีการใช้น้ำเข้ามาช่วยในการชำระล้างต่าง กรด และสารเคมี ซึ่งกระบวนการผลิตทั้ง 3 กระบวนการ ล้วนทำให้เกิดน้ำเสียจำนวนมาก คณะผู้วิจัยจึงนำเสนอแนวทางการบำบัดน้ำเสียเพื่อเป็นแนวทางการพัฒนาสู่อุตสาหกรรมเชิงนิเวศ ซึ่งมีหลายวิธี และจากการทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่าผลการศึกษาที่ผ่านมาได้มีการศึกษาการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการตกตะกอนทางเคมี ซึ่งถือว่าเป็นวิธีการบำบัดที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย ไม่มีความยุ่งยาก และมีประสิทธิภาพในการบำบัดสูง ซึ่งพบว่าการตกตะกอนทางเคมีสามารถกำจัดสิ่งก่ สี โครเมียม และทองแดงได้มากกว่า 95% และทำให้คุณภาพน้ำภายหลังการบำบัดมีค่าต่ำกว่ามาตรฐานที่กำหนด แต่ทั้งนี้คณะผู้วิจัยเห็นว่าการบำบัดน้ำเสียนั้นเป็นการแก้ปัญหาที่ปลายเหตุ จึงได้เสนอแนวทางสำหรับการลดปริมาณการใช้น้ำ เนื่องจากโรงงานชุบโลหะมีการใช้น้ำปริมาณค่อนข้างมากในขั้นตอนของกระบวนการผลิต โดยขั้นตอนการล้าง เป็นกระบวนการที่มีการใช้น้ำมากที่สุด การใช้น้ำสำหรับล้างทำความสะอาดชิ้นงานหลังจากชุบเสร็จ ซึ่งน้ำในส่วนนี้มีทั้งการใช้น้ำประปา น้ำไม่มีไอออน (Deionized Water, DI) และน้ำที่ไม่มีแร่ธาตุ (Demineral Water, D Min) ขึ้นกับมาตรฐานและความสะอาดที่ต้องการของแต่ละโรงงาน น้ำเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการนี้จะมีความเป็นอันตรายสูงเนื่องจากเจือปนไปด้วยโลหะหนัก และจากการสำรวจ พบว่าบางโรงงานมีการใช้น้ำไม่มีประสิทธิภาพ น้ำเสียในบางขั้นตอนไม่ได้นำกลับมาใช้ใหม่ได้ หรือนำไปประยุกต์ใช้ในขั้นตอนการผลิตอื่น ๆ นอกจากนี้การใช้น้ำที่ไม่มีประสิทธิภาพส่วนหนึ่งมาจากการจัดการที่ไม่ดี เช่น การวางผังโรงงาน ลักษณะการเดินท่อของแต่ละถัง วิธีปฏิบัติงานของพนักงาน เป็นต้น วิธีการป้องกันมลพิษสำหรับการลดปริมาณการใช้น้ำในกลุ่มอุตสาหกรรมอัญมณีและเครื่องประดับ ดังนั้นจึงควรมีการใช้น้ำล้างอย่างมีประสิทธิภาพด้วยการนำพาด้วยแรง (Forced Convection) เป็นการถ่ายเทมวลสารที่เกิดขึ้นรวดเร็วที่สุด การล้างชิ้นงานจะกระทำโดยใช้แรงจากภายนอกช่วยในการถ่ายเทมวลสาร ซึ่งเป็นการช่วยกระบวนการแพร่โดยการทำให้ชิ้นงานสะอาดกับสารเคมีที่ติดมากับชิ้นงานผสมกันได้มากขึ้นและหลุดออกจากชิ้นงานได้ง่ายขึ้น และเพื่อให้เกิดการใช้น้ำที่มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ควรมีการนำน้ำล้างกลับมาใช้ใหม่อย่างมีประสิทธิภาพในกระบวนการชุบนิเกิล โดยได้นำน้ำล้างที่ต่อจากบ่อชุบนิกเกิลที่มีความเข้มข้นของนิเกิลไม่เกิน 300 ส่วนในล้านส่วน (ppm.) และไม่มีตะกอนของนิเกิลหรือสิ่งเจือปนอื่น ๆ ไปใช้ต่อในน้ำล้างหลังบ่อจุ่มกรด จากข้อมูล พบว่าวิธีการดังกล่าว

สามารถประหยัดน้ำได้ถึง 75 % โดยที่สารละลายนิเกิลที่เจือจางมากไม่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพของชิ้นงานหลังจากผ่านการชุบ และยังเป็นการนำน้ำยานิกเกิลที่ติดมากับชิ้นงานกลับสู่บ่อชุบนิกเกิลอีกด้วย

5.3 แนวทางการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

เมื่อพิจารณาในมิติด้านสิ่งแวดล้อม ตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบ การผลิต และการจัดการของเสียที่เกิดขึ้น ในภาพรวมด้านการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตลอดกระบวนการผลิต คาดการณ์ว่าปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกส่วนใหญ่อยู่ที่การได้มาซึ่งวัตถุดิบและการผลิต เนื่องจากในอุตสาหกรรมอัญมณีและเครื่องประดับ มีการใช้ทั้งวัตถุดิบหลัก วัตถุดิบส่วนแม่พิมพ์ สารเคมีหลากหลายประเภท อีกทั้งมีการใช้พลังงานสูงโดยเฉพาะในกระบวนการผลิตแม่พิมพ์และการหล่อ ดังในงานวิจัย [10] ที่ระบุว่า การผลิตแหวนเงิน 1 ชิ้น มีค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ (B2B) อยู่ที่ 1.03 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า โดยร้อยละ 94.4 มาจากในส่วนของวัตถุดิบ อีกทั้งเมื่อศึกษาถึงข้อมูลการใช้ทรัพยากรในกระบวนการผลิตจะพบว่าร้อยละ 94.0 มาจากการใช้พลังงาน แต่อย่างไรก็ตามของเสียจากการศึกษาในครั้งนี้ประกอบด้วยของเสียถึง 3 ประเภทหลัก ทั้งของเสีย (เศษวัสดุ) น้ำเสีย (น้ำล้างชิ้นงานและสารละลายเคมีต่าง ๆ และไอระเหย และฝุ่นละออง ซึ่งการบริหารจัดการด้านสิ่งแวดล้อมของโรงงานเป็นการดำเนินงานตามกระบวนการมาตรฐานภายใต้การกำกับดูแลของนิคมอุตสาหกรรม โดยในส่วนของน้ำเสียจะมีทั้งการส่งสารละลายเคมีไปกำจัดตามหลักวิชาการ และการบำบัดด้วยระบบบำบัดทางเคมีของพื้นที่สำหรับฝุ่นละอองจะมีการสกัดวัตถุดิบและวนกลับเข้าสู่กระบวนการอีกครั้ง และการจัดการของเสียประเภทเศษวัสดุที่ไม่สามารถวนกลับมาใช้ในกระบวนการได้จะดำเนินการส่งไปกำจัดยังหลุมฝังกลบ

ในส่วนของเสียประเภทเศษวัสดุนั้น ในแต่ละปีจะมีเศษเทียนประมาณ 360 กิโลกรัม (อาจมากกว่าเนื่องจากไม่มีข้อมูลเชิงตัวเลขที่แน่นอนในขั้นตอนการทำเทียน) และเศษปูนปลาสเตอร์ 1,800 กิโลกรัม ที่ส่งออกไปกำจัดทางโรงงานสามารถพิจารณาประยุกต์ใช้ระบบเศรษฐกิจหมุนเวียนเพื่อเข้าสู่กระบวนการแปรรูปไปเป็นผลิตภัณฑ์ชนิดอื่น โดยเศษเทียนนั้นสามารถนำไปประยุกต์ใช้เป็นผลิตภัณฑ์อื่น ๆ ดังตัวอย่าง ดังนี้ 1) เทียนละลาย (wax melts) 2) อุปกรณ์จุดไฟ (fire starters) โดยการผสมกับเศษเลื่อย เศษไม้ หรือกระดาษชนิดแข็ง 3) สารหล่อลื่น (lubricants) สำหรับใช้กับอุปกรณ์ภายในบ้านและงานช่างต่าง ๆ และ 4) งาน DIY และงานฝีมือ (craft projects) เช่น ของตกแต่งหรือวัสดุกันซึม [11,12] สำหรับเศษปูนปลาสเตอร์นั้น สามารถที่จะเก็บรวบรวมแยกสิ่งปนเปื้อนทางกายภาพทำการบดให้เป็นผงละเอียด เข้าสู่กระบวนการเผาแคลไซน์ (Calcination) เพื่อเปลี่ยนรูปสารก่อนการนำกลับมาใช้งานอีกครั้ง ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้เป็นวัสดุในการก่อสร้าง (construction materials) เช่น แผ่นและผนังยิปซัม และวัสดุก่อสร้างอื่น ๆ และใช้ในงานเกษตร เช่น การปรับปรุงโครงสร้างดินเพื่อเพิ่มความอุดมสมบูรณ์เป็นแหล่งแร่ธาตุแคลเซียมและกำมะถันของพืช [13]

สำหรับแนวทางการปรับปรุงกระบวนการผลิตที่สามารถช่วยในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้นั้น คือ การใช้พลังงานทดแทน (พลังงานลม/พลังงานแสงอาทิตย์) หรือการปรับเปลี่ยนเครื่องจักร เครื่องใช้ไฟฟ้า หลอดไฟภายในโรงงานที่ช่วยประหยัดพลังงานเพิ่มขึ้น

6. อภิปรายผล

จากการวิเคราะห์มูลค่าการผลิตสินค้าและบริการ ของอุตสาหกรรมอัญมณีและเครื่องประดับ รวม 70 แห่ง เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงของตัวชี้วัดทางเศรษฐกิจของโรงงานที่ดำเนินการศึกษา ทั้ง 70 แห่ง จะเห็นได้ว่าตัวชี้วัดทางเศรษฐกิจซึ่งประกอบด้วย รายได้รวม รายจ่ายรวม และกำไรขาดทุน (สุทธิ) พบว่า สถานประกอบการแต่ละแห่ง ในปี พ.ศ.2557-2560 มีลักษณะของการเพิ่มขึ้น และลดลงไม่คงที่ และจากการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมของ กิจกรรมการผลิตของอุตสาหกรรมอัญมณีและเครื่องประดับ พบว่า มีการจัดการสิ่งแวดล้อมและติดตามตรวจสอบ คุณภาพสิ่งแวดล้อมให้เป็นไปตามกฎหมายกำหนดอย่างต่อเนื่อง แต่ทั้งนี้ผู้ประกอบการต้องมีการจัดทำระบบ การจัดการสารเคมีในสถานประกอบการ ซึ่งควรประกอบไปด้วยข้อมูลในด้านต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ 1) การจัดการ ข้อมูลสารเคมี 2) การจัดเก็บสารเคมี และ 3) การเคลื่อนย้ายสารเคมี เพื่อให้เห็นภาพของสารเคมีที่มีการครอบครอง เห็นถึงความเสี่ยง และสามารถจัดการได้อย่างเหมาะสมปลอดภัย รวมถึงภาษาที่ใช้บรรจุสารเคมีต้องอยู่ในสภาพที่ดี มีป้ายชื่อที่ทนทานติดอยู่พร้อมทั้งบอกอันตรายและข้อควรระวังต่าง ๆ วัสดุที่ใช้ทำภาชนะควรต้องทนต่อการสึกกร่อน แรงดันจากภายใน และแรงกระแทกจากภายนอก นอกจากนี้ ผู้ประกอบการควรมีภาชนะสำรองสำหรับเปลี่ยนถ่าย ในกรณีที่เกิดการแตกหรือความเสียหายของภาชนะและในกรณีที่ภาชนะมีความเสี่ยงที่จะเกิดการรั่วไหล สารเคมีนั้น ๆ ควรได้รับการจัดวางไว้ในภาชนะอีกชั้นหนึ่ง (Secondary containment) เช่น สารเคมีผงที่บรรจุมาในกระสอบ พลาสติกควรวางไว้ในภาชนะที่แข็งแรงอีกชั้นหนึ่ง โดยมีความจุมากพอจะรองรับสารในกระสอบพลาสติกนั้นได้ หากเกิดการรั่วไหล ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของวลัยรัตน์ จันทรวงศ์ [14] พบว่า ในประเทศไทยโรงงานชุบโลหะ ด้วยไฟฟ้าส่วนใหญ่จะเป็นการชุบโลหะโครเมียม โลหะสังกะสี เป็นต้น น้ำทิ้งที่ออกจากโรงงานชุบโลหะจะมี สารพิษซึ่งควรรับการบำบัดก่อนปล่อยทิ้งไป ได้แก่ สารประเภทไซยาไนด์ สารประเภทกรดโครมิก, กรดและด่างและ โลหะหนักในรูปของไอออน เพื่อเป็นการสะดวกไม่ยุ่งยากในการบำบัดน้ำทิ้งเหล่านี้ จึงจำเป็นต้องแยกน้ำทิ้งออกจากกัน ตามลักษณะทางเคมีของแต่ละส่วนและทำการแยกกำจัดที่จะประเภทโดยใช้สารเคมีที่เป็นตัวออกซิไดส์ (Oxidizing agent) เช่น NaOCl และตัวรีดิวซ์ (Reducing agent) เช่น NaHSO₃ ทำให้พิษของสารแต่ละตัวหมดไป โดยเปลี่ยนไปอยู่ในรูปที่ไม่เป็นอันตรายหรือสามารถเกิดปฏิกิริยตกตะกอนได้หลังจากนั้น นำน้ำทิ้งแต่ละประเภท มารวมกันเพื่อกำจัดพวกโลหะหนักทั้งหมดทิ้งไปด้วยโซดาไฟเพื่อให้เกิดการตกตะกอนและผ่านน้ำนี้ไปยังถังตกตะกอน และปรับค่า pH ให้เป็นกลางก่อนที่จะทิ้งระบายลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะต่อไปน้ำที่ผ่านขบวน การบำบัดแล้วเป็นไปตาม มาตรฐานของโรงงานอุตสาหกรรม เป็นการลดมลภาวะทางน้ำ ช่วยรักษาภาวะแวดล้อมของแหล่งน้ำธรรมชาติ ให้คงอยู่ต่อไป ทั้งนี้เนื่องจากอุตสาหกรรมอัญมณีและเครื่องประดับ มีการใช้น้ำปริมาณค่อนข้างมากในขั้นตอนของ กระบวนการผลิต โดยขั้นตอนการล้าง เป็นกระบวนการที่มีการใช้น้ำมากที่สุด การใช้น้ำสำหรับล้างทำความสะอาด ชิ้นงานหลังจากชุบเสร็จ ซึ่งน้ำในส่วนนี้มีทั้งการใช้น้ำประปา น้ำไม่มีไอออน (Deionized Water, DI) และน้ำที่ไม่มี แร่ธาตุ (Demineral Water, D Min) ขึ้นกับมาตรฐานและความสะอาดที่ต้องการของแต่ละโรงงาน น้ำเสียที่เกิดขึ้น ในกระบวนการนี้จึงมีความเป็นอันตรายสูงเนื่องจากเจือปนไปด้วยโลหะหนัก และจากการสำรวจ พบว่า บางโรงงาน มีการใช้น้ำไม่มีประสิทธิภาพ น้ำเสียในบางขั้นตอนไม่ได้นำกลับมาใช้ใหม่ได้หรือนำไปประยุกต์ใช้ในขั้นตอน การผลิตอื่น ๆ นอกจากนี้การใช้น้ำที่ไม่มีประสิทธิภาพส่วนหนึ่งมาจากการจัดการที่ไม่ดี เช่น การล้างผังโรงงาน ลักษณะการเดินท่อของแต่ละถัง วิธีปฏิบัติงานของพนักงาน เป็นต้น ซึ่งวิธีการป้องกันมลพิษสำหรับการลดปริมาณ

การใช้น้ำในกลุ่มอุตสาหกรรมอัญมณีและเครื่องประดับ ดังนั้นจึงควรมีการใช้น้ำล้างอย่างมีประสิทธิภาพด้วยการนำพาด้วยแรง (Forced Convection) เป็นการถ่ายเทมวลสารที่เกิดขึ้นรวดเร็วที่สุด การล้างชิ้นงานจะกระทำโดยการใช้แรงจากภายนอกช่วยในการถ่ายเทมวลสาร ซึ่งเป็นการช่วยกระบวนการแพร่โดยการทำให้ น้ำสะอาดกับสารเคมีที่ติดมากับชิ้นงานผสมกันได้มากขึ้นและหลุดออกจากชิ้นงานได้ง่ายขึ้น และเพื่อให้เกิดการใช้น้ำที่มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ควรมีการนำน้ำล้างกลับมาใช้ใหม่อย่างมีประสิทธิภาพในกระบวนการชุบนิกเกิล โดยได้นำน้ำล้างที่ต่อจากบ่อชุบนิกเกิลที่มีความเข้มข้นของนิกเกิลไม่เกิน 300 ส่วนในล้านส่วน (ppm.) และไม่มีตะกอนของนิกเกิลหรือสิ่งเจือปนอื่น ๆ ไปใช้ต่อในน้ำล้างหลังบ่อจุ่มกรด จากข้อมูล พบว่า วิธีการดังกล่าวสามารถประหยัดน้ำได้ถึง 75 % โดยที่สารละลายนิกเกิลที่เจือจางมากไม่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพของชิ้นงานหลังจากผ่านการชุบ และยังเป็นการนำน้ำยานิกเกิลที่ติดมากับชิ้นงานกลับสู่บ่อชุบนิกเกิลอีกด้วย ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของคงวุฒิ ยอดพุง [15] พบว่า การกำจัดของเสียโดยวิธีการนำกลับมาใช้ใหม่ ไม่ว่าจะเป็นการนำกลับมาใช้ในกระบวนการผลิต หรือส่งให้บริษัทภายนอกมารับดำเนินการ ซึ่งสามารถสร้างมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์จากของเสียอุตสาหกรรมได้ ทำให้ลดค่าใช้จ่ายในการกำจัด และลดค่าใช้จ่ายในการซื้อวัตถุดิบบางชนิด นอกจากนี้ยังนำเทคโนโลยีสะอาด (cleaner technology) มาประยุกต์ใช้ในกระบวนการผลิต พยายามลดของเสียจากแหล่งกำเนิดมากที่สุด ส่งผลให้เกิดของเสียอุตสาหกรรมที่จะต้องกำจัดโดยวิธีในการนำไปฝังกลบหรือทำลายมีจำนวนไม่มาก และทำให้ลดการเกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม สำหรับแนวทางการปรับปรุงกระบวนการผลิตที่สามารถช่วยในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้นั้น คือ การใช้พลังงานทดแทน (พลังงานลม/พลังงานแสงอาทิตย์) หรือการปรับเปลี่ยนเครื่องจักร เครื่องใช้ไฟฟ้า หลอดไฟภายในโรงงานที่ช่วยประหยัดพลังงานเพิ่มขึ้น

7. ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะที่ได้จากการวิจัย

เชิงนโยบาย

จากการศึกษาประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจอุตสาหกรรมอัญมณีและเครื่องประดับ รวม 70 แห่ง พบว่ามีลักษณะของการเพิ่มขึ้น และลดลงไม่คงที่ และมีข้อสังเกตในตัวชี้วัดทางด้านสิ่งแวดล้อมเรื่องของปริมาณน้ำเสียพบว่า มีตัวเลขค่อนข้างคงที่ไม่ลดลงซึ่งอยู่ที่ร้อยละ 80 ของปริมาณใช้น้ำทั้งหมด ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงได้เสนอแนวทางในการพัฒนาสู่อุตสาหกรรมเชิงนิเวศ ดังนี้

1. การบำบัดน้ำเสีย ควรมีการประยุกต์การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการตกตะกอนทางเคมี ซึ่งถือว่าเป็นวิธีการบำบัดที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย ไม่มีความยุ่งยาก และมีประสิทธิภาพในการบำบัดสูง ซึ่งจากผลการศึกษาที่ผ่านมาพบว่า การตกตะกอนทางเคมีสามารถกำจัดสังกะสี โครเมียม และทองแดงได้มากกว่า 95% และทำให้คุณภาพน้ำภายหลังการบำบัดมีค่าต่ำกว่ามาตรฐานที่กำหนด

2. การลดปริมาณการใช้น้ำ เนื่องจากอุตสาหกรรมอัญมณีและเครื่องประดับ มีการใช้น้ำปริมาณค่อนข้างมากในขั้นตอนของกระบวนการผลิต โดยขั้นตอนการล้างเป็นกระบวนการที่มีการใช้น้ำมากที่สุด การใช้น้ำสำหรับล้างทำความสะอาดชิ้นงานหลังจากชุบเสร็จ ซึ่งน้ำในส่วนนี้มีทั้งการใช้น้ำประปา น้ำไม่มีไอออน (Deionized Water, DI) และน้ำที่ไม่มีแร่ธาตุ (Demineral Water, D Min) ขึ้นกับมาตรฐานและความสะอาดที่ต้องการของแต่ละโรงงาน

จึงควรมีการใช้น้ำล้างอย่างมีประสิทธิภาพ ด้วยการนำพาด้วยแรง (Forced Convection) เป็นการถ่ายเทมวลสารที่เกิดขึ้นรวดเร็วที่สุด การล้างชิ้นงานจะกระทำโดยใช้แรงจากภายนอกช่วยในการถ่ายเทมวลสาร ซึ่งเป็นการช่วยกระบวนการแพร่โดยการทำให้ น้ำสะอาดกับสารเคมีที่ติดมากับชิ้นงานผสมกันได้มากขึ้นและหลุดออกจากชิ้นงานได้ง่ายขึ้น

3. การปรับเปลี่ยนลักษณะการไหลของน้ำ ด้วยการใช้การล้างแบบ Flood rinsing จะเป็นการล้างชิ้นงานภายใต้ก๊อมน้ำที่ติดตั้งระบบเปิดปิดด้วยกลไกที่เหยียบเท้า ซึ่งจะปล่อยให้น้ำและอากาศไหลท่วมชิ้นงาน ซึ่งอากาศจะเป็นตัวช่วยให้มีการหมุนเวียนและล้างน้ำยาที่ติดมาออกจากผิวชิ้นงาน ซึ่งจะเป็นวิธีการล้างที่มีประสิทธิภาพและใช้น้ำไม่มากนักเนื่องจากจะเปิดน้ำเฉพาะเวลาล้างชิ้นงานเท่านั้น แต่อย่างไรก็ตามวิธีนี้เหมาะสมสำหรับชิ้นงานขนาดเล็กที่สามารถวางไว้ใต้ก๊อมน้ำได้เท่านั้น

เชิงปฏิบัติการ

1. ควรรณรงค์ให้ทุกโรงงานมองเห็นความสำคัญกับหลักการของเมืองอุตสาหกรรมเชิงนิเวศและนำไปใช้อย่างเป็นรูปธรรมมากยิ่งขึ้น โดยการจัดให้เมืองอุตสาหกรรมเชิงนิเวศเป็นนโยบายหลักของนิคมอุตสาหกรรม รวมไปถึงส่งเสริมให้ทุกบริษัทมีความรับผิดชอบต่อสังคม เพื่อนำไปสู่การเป็นผู้ประกอบการเพื่อสังคมต่อไป

2. ควรมีการจัดกิจกรรมต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ โดยอาจใช้วิธีการให้รางวัลกับโรงงานที่นำการประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจเข้ามาใช้ในการดำเนินงานได้ดี เพื่อเป็นต้นแบบและแนวทางให้กับโรงงานอื่น ๆ ได้ปฏิบัติตาม รวมถึงควรจัดให้มีการอบรมในเรื่องของความรับผิดชอบต่อสังคมและการเป็นผู้ประกอบการสังคมอย่างต่อเนื่อง เพื่อพัฒนาความรู้ความเข้าใจ อีกทั้งเป็นการปลูกฝังให้ทุกคนรักสิ่งแวดล้อมและให้ความสำคัญกับการออกไปช่วยเหลือสังคมต่อไป

8. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณผู้ให้ข้อมูล หน่วยงานที่เกี่ยวข้องทุกท่านที่ให้ความอนุเคราะห์เป็นอย่างดี และขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ ที่ได้สนับสนุนการวิจัย ทำให้การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

9. เอกสารอ้างอิง

- [1] กองพัฒนาอุตสาหกรรมเชิงนิเวศ กรมโรงงานอุตสาหกรรม. (2562). *เกณฑ์และตัวชี้วัดการเป็นเมืองอุตสาหกรรมเชิงนิเวศ*. กรมโรงงานอุตสาหกรรม.
- [2] ประเวศ วะสี. (2546). วิถีนุชย์ในศตวรรษที่ 21 สู่ภพภูมิใหม่แห่งการพัฒนา. *หมออนามัย*. 12 (มกราคม-กุมภาพันธ์): 7-21.
- [3] สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) ร่วมกับ สำนักงานคณะกรรมการนโยบายรัฐวิสาหกิจ (สคร.). (2564). *คู่มือการประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของรัฐวิสาหกิจไทย (ฉบับผู้ปฏิบัติ)*. กรุงเทพมหานคร: สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.).
- [4] สถาบันวิจัยและพัฒนาอัญมณีและเครื่องประดับแห่งชาติ (องค์การมหาชน). (2557). *รายงานประจำปี 2557*. สถาบันวิจัยและพัฒนาอัญมณีและเครื่องประดับแห่งชาติ (องค์การมหาชน).

- [5] World Business Council Sustainability Development (WBCSD). (2000). *Eco-efficiency: Creating more value with less impact*. London: WBCSE and E&Y Direct.
- [6] Sterr, T. (2004). The Industrial Region as a Promising Unit for Eco-Industrial Development- Reflections, Practical Experience and Establishment of Innovative Instruments to Support Industrial Ecology. *Journal of Cleaner Production*. 12: 947-965.
- [7] วรณีย์ แกมเกตุ. (2551). *วิธีวิทยาการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์*. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- [8] กระทรวงอุตสาหกรรม. (2551). *ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง การเก็บรักษาวัตถุอันตรายที่กรมโรงงานอุตสาหกรรมรับผิดชอบ พ.ศ.2551*. กระทรวงอุตสาหกรรม.
- [9] กองสุขาภิบาลสิ่งแวดล้อม สำนักอนามัย กรุงเทพมหานคร. (2554). *คู่มือการบริหารและการจัดการสารเคมีอันตรายในสถานประกอบการ*. กองสุขาภิบาลสิ่งแวดล้อม สำนักอนามัย กรุงเทพมหานคร.
- [10] Parnuwat Usapein and Chantra Tongcumpou. (2016). Greenhouse Gas Emission in Jewelry Industry: A Case Study of Silver Flat Ring. *Applied Environmental Research*. 38(1), (2016): 11-18.
- [11] Oppenheimer, B. (2004). *The Candle Maker's Companion: A Complete Guide to Rolling, Pouring, Dipping and Decorating Your Own Candles*. Storey Publishing LLC.
- [12] U.S. Environmental Protection Agency. (2021). *Recycling and Waste Reduction: A Guide for the Workplace*. searched at <https://www.epa.gov/recycle/reducing-waste-what-you-can-do>.
- [13] Geraldo R.H., Pinheiro S.M.M., Silva J. S., Andrade H.M.C., Dweck J., Gonçalves J.P. and Camarini G. (2017). Gypsum plaster waste recycling: A potential environmental and industrial solution. *Journal of Cleaner Production*. 164(15), 288-300.
- [14] วลัยรัตน์ จันทรวงศ์. (2549). *การบำบัดน้ำเสียของโรงชุบโลหะ*. เข้าถึงได้จาก <http://202.28.17.1/article/atc42/atc00244.html>.
- [15] คงวุฒิ ยอดพุง. (2551). *การจัดการของเสียอุตสาหกรรมของโรงงานอุตสาหกรรมเคมีในนิคมอุตสาหกรรมบางปู กรณีศึกษาบริษัท แอ็กโคร (ประเทศไทย) จำกัด*. สารนิพนธ์ วท.ม. (การจัดการสิ่งแวดล้อม). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์.
- [16] กองมาตรฐานอุตสาหกรรม. (มปป.). *วิธีการประเมินค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ (Eco-efficiency)*. กองมาตรฐานอุตสาหกรรม การยางแห่งประเทศไทย.
- [17] พงษ์ชัย ดำรงโรจน์วัฒนา และคณะ. (2565). *เอกสารประกอบการอบรมเชิงปฏิบัติการคาร์บอนเครดิต*. ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย