

<b>1. ชื่อเทคโนโลยี (Technology Title) :</b>								
เทคโนโลยีรีไซเคิลสารเร่งปฏิกิริยาใช้งานแล้วที่มีนิกเกิลเป็นองค์ประกอบ								
<b>2. ประเภทกลุ่มอุตสาหกรรม (Industrial Sector) :</b>								
	อุตสาหกรรมแร่		อุตสาหกรรมโลหการ	X	อุตสาหกรรมรีไซเคิล			
<b>3. ระดับความพร้อมของเทคโนโลยี (Technology Readiness Levels) :</b>								
ระดับต่ำ								ระดับสูง
TRL1	TRL2	TRL3	TRL4	TRL5	TRL6	TRL7	TRL8	TRL9
Basic principle observed and reported	Technology concept and/or application formulated	Concepts demonstrated analytically or experimentally	Key elements demonstrated in laboratory environment	Key elements demonstrated in simulated environment	Representative of the deliverable demonstrated in relevant environments	Final development version of the deliverable demonstrated in operational environment	Actual deliverable qualified through test and demonstration	Operational use of deliverable
└──┘			└──┘		└──┘			
องค์ความรู้และการวิจัยพื้นฐาน			ต้นแบบห้องปฏิบัติการ		ต้นแบบภาคสนาม			
<b>4. รายละเอียดโดยสังเขป (Details Description) :</b>								
<b>แนวคิด :</b>	สารเร่งปฏิกิริยาใช้งานแล้วที่มีนิกเกิลเป็นองค์ประกอบเป็นของเสียที่เกิดขึ้นจากอุตสาหกรรมปิโตรเคมีและอุตสาหกรรมการผลิตสารให้ความหวาน โดยมีปริมาณไม่น้อยกว่า 9,400 ตันต่อปี และมีนิกเกิลเป็นองค์ประกอบหลักประมาณร้อยละ 22.3 โดยน้ำหนัก การรีไซเคิลสารเร่งปฏิกิริยาดังกล่าวสามารถทำได้โดยใช้กระบวนการโลหวิทยาความร้อน โดยผลิตภัณฑ์ที่ได้เป็นเฟอร์โรนิกเกิล/โลหะผสมนิกเกิลสำหรับใช้เป็นวัตถุดิบตั้งต้นในอุตสาหกรรมต่าง ๆ อาทิ อุตสาหกรรมเหล็กกล้าไร้สนิม อุตสาหกรรมหลอมหล่อโลหะ							
<b>ลักษณะและองค์ประกอบของวัสดุตั้งต้น :</b>	ลักษณะทางกายภาพของสารเร่งปฏิกิริยานิกเกิล และส่วนผสมทางเคมีของสารเร่งปฏิกิริยานิกเกิลที่ผ่านการใช้แล้วแสดงในรูปที่ 1 และตารางที่ 2 ตามลำดับ จากตารางแสดงส่วนผสมทางเคมีของตัวอย่างสารเร่งปฏิกิริยานิกเกิลที่ผ่านการใช้งานในบทความวิจัยที่มีการศึกษาก่อนหน้านี้พบว่าปริมาณนิกเกิลสูงตั้งแต่ 11.90-27.00 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีปริมาณสูงเมื่อเปรียบเทียบกับของเสียจากอุตสาหกรรมที่มีนิกเกิลเป็นองค์ประกอบ อย่างเช่นน้ำยาชุบนิกเกิลที่ผ่านการใช้งานแล้ว นอกจากนี้ยังมีส่วนผสมของอะลูมิเนียมซิลิกอน คาร์บอน ออกซิเจน เป็นองค์ประกอบหลัก ๆ ซึ่งสารเร่งปฏิกิริยานิกเกิลที่ผ่านการใช้งานอาจจะอยู่ในรูปของ NiO/SiO <sub>2</sub> catalyst หรือ NiO/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> catalyst ขึ้นอยู่กับว่าใช้วัสดุเซรามิกตัวใดทำหน้าที่เป็น supporting material เช่น ซิลิกา (SiO <sub>2</sub> ) อะลูมินา (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) เป็นต้น							



รูปที่ 1 ตัวอย่างลักษณะทางกายภาพของสารเร่งปฏิกิริยานิกเกิลใช้งานแล้ว

Type of Ni-catalysts	Ni	Al	Si	Fe	Na	Ca	C	O
NiO/SiO <sub>2</sub>	27.00	0.60	9.20	0.30	-	-	28.5	34.4
NiO/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	11.90	42.9 0	-	-	1.1 0	0.28	-	-
Raw Mat. in this study	23.20	1.92	12.5 7	0.41	0.7 5	0.25	20.7 0	38.9 7
Type of Ni-catalysts	NiO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-	CaO	-	-
NiO/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	25-28	70- 74	-	-	-	1-2	-	-
NiO/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	22.22	11.3 4	Bala nce	5.15	-	-	-	-
NiO/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16	78	<0.1 0	-	-	<6	-	-

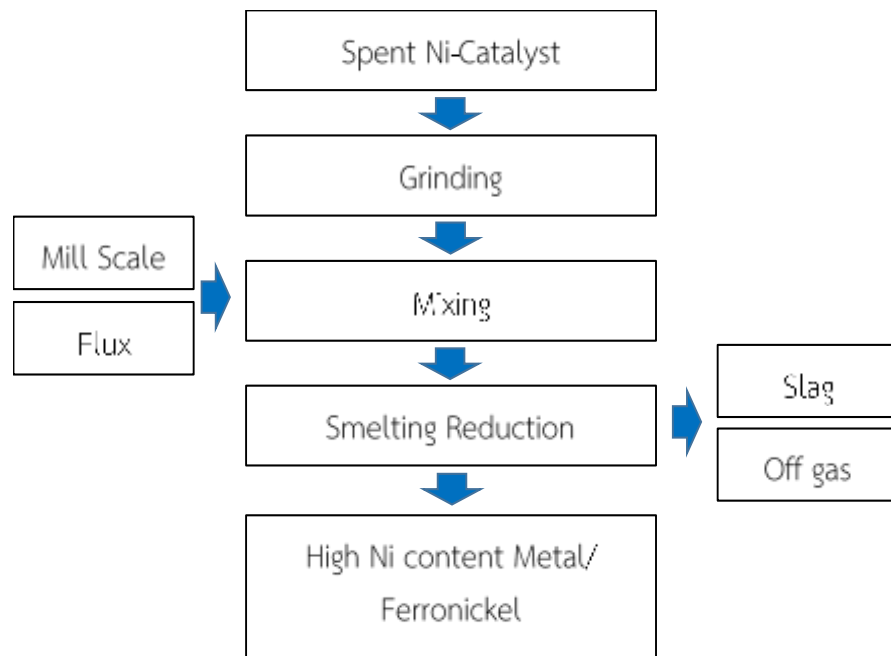
ตารางที่ 1 ตัวอย่างส่วนผสมทางเคมีของสารเร่งปฏิกิริยาใช้งานแล้ว หน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ (%)

ผลิตภัณฑ์ที่ได้ :

- เฟอร์โรนิกเกิล
- โลหะผสมนิกเกิล

เทคโนโลยี/  
กระบวนการที่ใช้ :

การรีไซเคิลสารเร่งปฏิกิริยาใช้งานแล้วที่มีนิกเกิลเป็นองค์ประกอบโดยการผลิตเป็นโลหะนิกเกิลหรือโลหะผสมนิกเกิลมีลำดับการทดลองแสดงดังรูปที่ 1 โดยมีรายละเอียดดังนี้



รูปที่ 1 แผนผังการทดลองการรีไซเคิลสารเร่งปฏิกิริยาใช้งานแล้วที่มีนิกเกิลเป็นองค์ประกอบ

จากการทดลองรีไซเคิลสารเร่งปฏิกิริยาใช้งานแล้วที่มีนิกเกิลเป็นองค์ประกอบโดยการผลิตเป็นเฟอร์โรนิกเกิลหรือโลหะผสมนิกเกิล ในการทดลองได้ใช้วิธีการหลอมถลุง (smelting reduction) โดยใช้เตาหลอมไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำเป็นเตาให้ความร้อนในการเกิดปฏิกิริยา ใช้มิลล์สเกลเป็นแหล่งของเหล็กในการผลิตเฟอร์โรอัลลอยด์ ใช้ปิโตรเลียมโค้กเป็นสารลดออกซิเจนและใช้ปูนขาวในการฟอร์มสแลก มีผลการทดลองสรุปดังนี้

- สารเร่งปฏิกิริยาใช้งานแล้วส่วนผสมหลักโดยมวลเป็นนิกเกิล 23% คาร์บอน 22% ซิลิคอน 22.3% อะลูมิเนียม 1.8% เหล็ก 0.32% และธาตุอื่น ๆ ที่มีปริมาณเพียงเล็กน้อย
- ในการหลอมถลุงวัตถุดิบเพื่อผลิตโลหะผสมนิกเกิลจะใช้เพียงปูนขาวผสมกับวัตถุดิบแล้วนำไปหลอม โดยกำหนด  $SiO_2/CaO$  เท่ากับ 1.6 จะใช้เวลาในการหลอมประมาณ 50 นาที ซึ่งจะใช้กำลังไฟฟ้าที่จุดหลอมตัว 42 kW อุณหภูมิการหลอมของวัตถุดิบ 1480-1500°C ผลิตภัณฑ์ที่ได้เป็นโลหะผสมนิกเกิลเป็นองค์ประกอบ ประมาณ 88% และเปอร์เซ็นต์การกู้คืนของโลหะนิกเกิลมีค่าประมาณ 99% ซึ่งถือได้ว่านิกเกิลในวัตถุดิบเกือบทั้งหมดอยู่ในก้อนโลหะโดยมีเพียงเล็กน้อยเกิดเป็นนิกเกิลออกไซด์ซึ่งเป็นสารประกอบของสแลก โดยสแลกที่เกิดขึ้นเป็นระบบ  $SiO_2-CaO-Al_2O_3$  โดยมี  $SiO_2/CaO$  อยู่ในช่วง 0.73-1.11 ซึ่งมี  $Al_2O_3$  อยู่ในช่วง 9-13% โดยสแลกที่มีส่วนผสมในช่วงดังกล่าวมีอุณหภูมิหลอมตัวในช่วง 1350-1450°C

- ในการหลอมถลุงวัตถุดิบเพื่อผลิตเฟอร์โรนิกเกิลจะใช้ปูนขาวเป็นฟลักซ์ผสมกับซิลิไซด์สเกล ซึ่งเป็นแหล่งของเหล็กสำหรับการผลิตเฟอร์โรอัลลอยด์ โดยกำหนด  $SiO_2/CaO$  เท่ากับ 2.3 จะใช้เวลาในการหลอมประมาณ 52 นาที ซึ่งจะใช้กำลังไฟฟ้าที่จุดหลอมตัว 45 kW อุณหภูมิการหลอมของวัตถุดิบ 1500-1550°C ผลิตภัณฑ์ที่ได้เป็นโลหะผสมมีนิกเกิลเป็นองค์ประกอบ ประมาณ 39% และเปอร์เซ็นต์การกู้คืนของโลหะ นิกเกิลมีค่าประมาณ 99% ซึ่งถือได้ว่านิกเกิลในวัตถุดิบเกือบทั้งหมดอยู่ในก้อนโลหะ โดยมีเพียงเล็กน้อยเกิดเป็นนิกเกิลออกไซด์ซึ่งเป็นสารประกอบของสแลก โดยสแลกที่เกิดขึ้นเป็นระบบ  $SiO_2-CaO-Fe_2O_3-Al_2O_3$  โดยมี  $SiO_2/CaO$  อยู่ในช่วง 0.8-1.7 ซึ่งมี  $Al_2O_3$  อยู่ในช่วง 8-11% และ  $Fe_2O_3$  อยู่ในช่วง 12-25% โดยสแลกที่มีส่วนผสมในช่วงดังกล่าวมีอุณหภูมิหลอมตัวในช่วง 1400-1450°C

**5. สรุปการวิเคราะห์ความเป็นไปได้เบื้องต้นในเชิงพาณิชย์ (Pre-Feasibility Study) :**

การวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในเชิงเศรษฐศาสตร์เบื้องต้นสำหรับการรีไซเคิลสารเร่งปฏิกิริยาใช้แล้วที่มีนิกเกิลเป็นองค์ประกอบโดยการผลิตเป็นโลหะผสมนิกเกิล ในการวิเคราะห์นี้จะอ้างอิงถึงผลการทดลองในห้องปฏิบัติการซึ่งได้ผลิตภัณฑ์เป็นก้อนโลหะผสมนิกเกิลที่มีปริมาณของนิกเกิลค่อนข้างสูง การกู้คืนนิกเกิลสูงด้วย และยังใช้วัตถุดิบสำหรับการหลอมถลุงน้อยการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในเชิงเศรษฐศาสตร์จะพิจารณารอบการผลิต 60 นาที โดยใช้เตาหลอมขนาดที่สามารถบรรจุวัตถุดิบตั้งต้นได้ในปริมาณ 500 กิโลกรัม ซึ่งใน 1 วัน จะผลิตจำนวน 8 เบ้า ดังนั้น ในรอบหนึ่งวันจะหลอมถลุงวัตถุดิบได้ 4 ตัน และถ้าหากในหนึ่งปีมีการทำงาน 330 วัน ดังนั้น จะสามารถถลุงวัตถุดิบได้ 1,320 ตัน โดยจะได้โลหะผสมนิกเกิล 332.64 ตัน เกิดสแลกขึ้น 580.8 ตัน

วัตถุดิบ	ความเสี่ยง	PWF	มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV)	B/C อัตราผลตอบแทนต่อค่าใช้จ่าย	อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return: IRR)	เริ่มได้กำไรปีที่	ความเป็นไปได้ของการลงทุน
สารเร่งปฏิกิริยาใช้งานแล้วที่มีนิกเกิลเป็นองค์ประกอบ	ปกติ	8%	866,693,464.00	0.35	109.82	ปีที่ 1	เป็นไปได้
	ค่าใช้จ่าย+	8%	864,666,491.92	0.35	109.81	ปีที่ 1	เป็นไปได้

NPV :	866,693,464.00 - 864,666,491.92
B/C :	0.35
IRR :	109.82 - 109.81