บทที่ 4

สรุปผลการวิจัย ข้อเสนอแนะ และแนวทางในการแก้ไข

4.1 สรุปผลการวิจัย

จากระบบวัดรังสีเอกซ์เรืองแบบ EDX ที่พัฒนาขึ้นโดยมีเครื่องเปลี่ยนต้นกำเนิดรังสีกระตุ้นที่สามารถเปลี่ยนต้นกำเนิดรังสีกระตุ้นได้ 8 ไอโซโทปรังสี และมีเครื่องเปลี่ยนตัวอย่างที่สามารถใส่ตัวอย่างได้ 8 ตัวอย่างเช่นกันซึ่งสามารถเลือกต้นกำเนิดรังสีกระตุ้นและตัวอย่างให้สอดคล้องกันได้โดยการใช้ไมโครคอมพิวเตอร์ควบคุมการทำงานและเครื่องที่ใช้ประมวลผลข้อมูลเป็นเครื่องวิเคราะห์แบบหลายช่อง อีกทั้งยังใช้โปรแกรม NBSGSC แก้ค่าสัมประสิทธิ์ของธาตุต่าง ๆ ที่ใช้ในการวิเคราะห์เพื่อให้สามารถวิเคราะห์ได้อย่างแม่นยำและแน่นอนยิ่งขึ้น ซึ่งสามารถสรุปลักษณะต่าง ๆ และขีดความสามารถของระบบวัดรังสีเอกซ์เรืองได้ดังนี้

4.1.1 ระบบเปลี่ยนต้นกำเนิดรังสีกระตุ้น

ลักษณะของต้นกำเนิดรังสี	- ต้นกำเนิดรังสีแบบวงแหวน
ความสามารถในการบรรจุต้นกำเนิดรังสี	- ไม่เกิน 8 ไอโซโทปรังสี
การป้องกันรังสี	- มีการป้องกันโดยใช้ตะกั่วที่คำนวณและออกแบบมาโดยเฉพาะ

4.1.2 ระบบเปลี่ยนตัวอย่าง

ขนาดของตัวอย่าง	- ไม่ควรมีเส้นผ่าศูนย์กลางเกิน 5 cm.
น้ำหนักของตัวอย่าง(ต่อ 1 ตัวอย่าง)	- ไม่ควรเกิน 350 กรัม
ความสามารถในการบรรจุตัวอย่าง	- ไม่เกิน 8 ตัวอย่าง

4.1.3 ลักษณะพิกัดทางโปรแกรม (ทั้งเครื่องเปลี่ยนต้นกำเนิดรังสีและตัวอย่าง)

ความสามารถในการทำงานของโปรแกรม	- สามารถเลือกการเคลื่อนที่ในแนวดิ่ง (translation) โดยการใส่ค่า(Y)ว่าต้องการให้เคลื่อนไปเป็นระยะทาง Y cm.

- สามารถเลือกการเคลื่อนที่แบบหมุน(:otation) โดยการใส่ค่า (X) ว่าต้องการให้หมุนไปเป็นจำนวน X ช่อง

ไมโครคอมพิวเตอร์ที่สามารถใช้ได้

- สามารถใช้ได้กับทุกรุ่นแต่ไม่ควรด้อยกว่ารุ่น 386

4.1.4 จากการศึกษาผลของระยะห่างระหว่างต้นกำเนิดรังสีกระตุ้นกับหัววัด จะพบว่าระยะห่างที่เหมาะสมระหว่างหัววัดกับต้นกำเนิดรังสีกระตุ้น จะอยู่ระหว่าง 1-3 mm. ซึ่งเกือบจะทุกไอโซโทปรังสี แต่จะพบว่าในต้นกำเนิดรังสีกระตุ้นบางไอโซโทปรังสี เช่น Am-241 ที่พลังงาน 60 kev ต้องการระยะห่างระหว่างหัววัดกับต้นกำเนิดรังสีมากถึง 10 mm. ดังแสดงในรูปที่ 3.1

4.1.5 จากการศึกษาผลของระยะห่างระหว่างต้นกำเนิดรังสีกระตุ้นกับตัวอย่าง จะพบว่าระยะห่างระหว่างต้นกำเนิดรังสีกระตุ้น (ในแต่ละไอโซโทปกับตัวอย่าง)จะอยู่ระหว่าง 12-16 mm. ดังนั้นจึงเลือกระยะห่างประมาณ 13-14 mm. เป็นระยะห่างที่เหมาะสมที่สุด

4.1.6 ผลจากการทดสอบความสามารถในการวิเคราะห์ Pb/Sn Alloys. ด้วยระบบวัดรังสีเอกซ์เรือง แบบ EDX และโปรแกรมวิเคราะห์ NBSGSC (แก้ค่าสัมประสิทธิ์และวิเคราะห์) ได้ผลดังใกล้เคียงกับส่วนประกอบจริง ดังแสดงดังนี้

Sample No.	Average Deviation (Pb)	Average Deviation (Sn)
T63	1.678	0.521
T63a	2.766	0.821
K50	0.31	0.274
K40	0.709	0.116
K100	0	3.027

โดยที่ Average Deviation (AVD.) = $\frac{\sum|\%Err|}{N}$

N = จำนวนครั้งที่ทดลอง

4.1.7 ผลจากการทดสอบความสามารถในการวิเคราะห์ Stainless Steel. ด้วยระบบวัดรังสีเอกซ์เรือง แบบ EDX และโปรแกรมวิเคราะห์ NBSGSC (แก้ค่าสัมประสิทธิ์และวิเคราะห์) ได้ผลดังใกล้เคียงกับส่วนประกอบจริง ดังแสดงดังนี้

Sample No.	AVD. Cr	AVD. Fe	AVD. Ni
d189	0.267	2.026	0.81
sc17	0.457	6.125	N.D.
lm1811	0.666	1.729	0.312

หมายเหตุ : N.D. คือ ไม่สามารถวัดได้ (Not Detectable)

4.2 วิจารณ์ผลการวิจัย

4.2.1 ด้านระบบ

- ใช้อาครีลิคเป็นวัสดุทำจานเปลี่ยนตัวอย่างและจานใส่ต้นกำเนิดรังสีเอกซ์แบบไอโซโทป เพราะต้องการหลีกเลี่ยงการรบกวนจากรังสีเอกซ์เฉพาะตัวของธาตุต่าง ๆ จากวัสดุประเภทอื่นและอาครีลิคมีน้ำหนักเบา ถึงแม้ว่าจะมีการกระเจิงรังสีสูง ก็สามารถหลีกเลี่ยงได้โดยจัดให้รังสีเอกซ์ปฐมภูมิตกกระทบถูกอาครีลิคน้อยที่สุด ซึ่งทำได้เมื่อจัดให้ตัวอย่างอยู่ใกล้ต้นกำเนิดรังสีมากที่สุด แต่ต้องคำนึงถึงประสิทธิภาพในการเกิดรังสีเอกซ์เรืองด้วย ถ้าตัวอย่างมีขนาดเล็กต้องใช้แผ่นโลหะเป็นหน้ากาก (mask) ปิดหน้าชิ้นตัวอย่าง

- จานใส่ต้นกำเนิดรังสีสามารถใส่ต้นกำเนิดรังสีแบบวงแหวนสูงสุดได้ 8 ตัว ซึ่งเพียงพอเนื่องจากต้นกำเนิดรังสีที่นิยมใช้มีอยู่ 5 ชนิดคือ ^{55}Fe, ^{57}Co, ^{109}Cd, ^{238}Pu และ ^{241}Am ซึ่งมีเหลืออีก 3 ที่เผื่อไว้สำหรับต้นกำเนิดรังสีเหล่านี้ที่มีความแรงรังสีต่างกันในอนาคต ขนาดของที่ใส่ต้นกำเนิดรังสีถูกกำหนดโดยขนาดของต้นกำเนิดรังสี

- จานเปลี่ยนตัวอย่างใส่ตัวอย่างได้ 8 ตัวอย่างพร้อมกัน ขนาดของช่องใส่ตัวอย่างถูกกำหนดโดยขนาดของต้นกำเนิดรังสีและขนาดของภาชนะใส่ตัวอย่างที่สามารถหาซื้อได้จากบริษัทผู้ผลิตภาชนะสำหรับใส่ตัวอย่างวิเคราะห์ด้วยเทคนิคการเรืองรังสีเอกซ์

- การออกแบบให้สามารถจัดระยะต้นกำเนิดรังสีกับหัววัดรังสี และต้นกำเนิดรังสีกับตัวอย่างได้ ก็เพื่อให้ผู้ใช้สามารถเลือกให้เหมาะสมกับชนิด/ความเข้มข้นของธาตุที่ต้องการวิเคราะห์ ขนาดของชิ้นงาน ความหนาของแผ่นโลหะที่ใช้ทำหน้ากากรวมทั้งชนิดและความแรงของต้นกำเนิดรังสีที่อาจเปลี่ยนแปลงไปได้

4.2.2. โปรแกรมวิเคราะห์ NBSGSC และผลการทดสอบ

วิธีการ : ใช้วิเคราะห์ธาตุได้สูงสุด 25 ธาตุ และจำนวนตัวอย่าง 20 ตัวอย่าง สำหรับธาตุที่ไม่สามารถวัดความเข้มรังสีเอกซ์เฉพาะตัว เช่น ธาตุเบา ผู้ใช้จำเป็นต้องป้อนข้อมูลความเข้มข้นเข้าไป ผลการวิเคราะห์ของธาตุที่สามารถวัดความเข้มรังสีเอกซ์เฉพาะตัวได้จึงจะถูกต้อง ซึ่งก็เหมือนกับโปรแกรมวิเคราะห์ที่ใช้กันทั่วไป ปัญหาที่สำคัญในการวิเคราะห์ตัวอย่างบางชนิดก็คือ ผู้ใช้ไม่ทราบว่ามีธาตุเบาอะไรบ้างที่เป็นองค์ประกอบและไม่สามารถเห็นพีคของรังสีเอกซ์เฉพาะตัวของธาตุเบาเหล่านั้นได้ ผลวิเคราะห์จึงผิดพลาดได้

การใช้งาน : โดยปกติผู้ใช้ต้องป้อนข้อมูลผ่านคีย์บอร์ดเกือบทั้งหมดซึ่งอาจไม่ค่อยสะดวกรวดเร็วนัก อย่างไรก็ตามจาก source code ภาษาฟอร์แทรนที่บริษัทผู้ผลิตให้มา ผู้ใช้สามารถดัดแปลงและเพิ่มเติมให้อ่านข้อมูลความเข้มรังสีเอกซ์เฉพาะตัวของแต่ละธาตุจากสเปกตรัมที่มีอยู่ได้

การทดสอบ : การวิจัยนี้ได้ทดลองวิเคราะห์ตัวอย่าง 2 ประเภทที่มีผลของแมทริกซ์สูง คือ โลหะผสมตะกั่ว/ดีบุก ซึ่งมีผลของแมทริกซ์แบบดูดกลืนรังสี (matrix absorption) เนื่องจากตะกั่วมีค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีสูงเมื่อเทียบกับดีบุก ตัวอย่างประเภทที่สอง คือ เหล็กกล้าไร้สนิม ซึ่งมีองค์ประกอบหลักคือ ธาตุโครเมียม เหล็ก และนิเกิล ตัวอย่างประเภทนี้มีผลของแมทริกซ์แบบการเสริมของแมทริกซ์ (matrix enhancement) และการดูดกลืนรังสีเอกซ์ของแมทริกซ์ของธาตุที่อยู่ใกล้เคียงกัน ผลการวิเคราะห์โลหะผสมตะกั่ว/ดีบุก 3ครั้งได้ผลดังนี้คือ ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างจำนวน 5 ตัวอย่าง ความเข้มข้นของตะกั่วและดีบุกผิดพลาดไปไม่เกิน 3 % และ 4 % ตามลำดับ ทั้งนี้เพราะการวัดความเข้มของรังสีเอกซ์เฉพาะตัวของดีบุกและตะกั่ว สามารถทำได้แม่นยำ สำหรับตัวอย่างเหล็กกล้าไร้สนิมจากการวิเคราะห์ 3 ครั้ง ความเข้มข้นของโครเมียมได้ผลใกล้เคียงกับผลการวิเคราะห์ที่รับรองจากโรงงานทั้ง 3 ตัวอย่าง กล่าวคือ มีค่าแตกต่างกันไม่เกิน 0.847 % Cr ความเข้มข้นของเหล็ก 2 ใน 3 ตัวอย่าง มีค่าผิดพลาดไม่เกิน 2.8 % Fe ส่วนอีก 1 ตัวอย่างผิดพลาดไป 7 % ส่วนความเข้มข้นนิเกิลมีเพียง 1 ตัวอย่างที่ให้ผลผิดพลาดมากถึง 1 % Ni สาเหตุที่ผลการวิเคราะห์ธาตุในเหล็กกล้าไร้สนิมคลาดเคลื่อนไป มีสาเหตุที่สำคัญมาจากความแปรปรวนในการวัดความเข้มรังสีเอกซ์เฉพาะตัว ทั้งนี้เพราะธาตุทั้ง 3 มีพลังงานรังสีเอกซ์เฉพาะตัวใกล้เคียงกัน พีครังสีเอกซ์เฉพาะตัวจึงอยู่ติดกัน ต้องใช้วิธีลบพีคของเหล็กออกจากสเปกตรัมก่อนการหาความเข้มรังสีเอกซ์เฉพาะตัวสุทธิของโครเมียมและนิเกิล

4.3 ข้อเสนอแนะ และแนวทางแก้ไข

เนื่องจากระบบวัดรังสีเอกซ์เรืองแบบ EDX และระบบวิเคราะห์ที่ได้พัฒนาขึ้นยังมีขีดจำกัดของการใช้งานอยู่บ้าง ถ้าจะปรับปรุงให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น และสามารถสามารถใช้งานได้ดียิ่งขึ้น ควรมีการปรับปรุงดังนี้

4.3.1 ควรพัฒนาระบบขับเคลื่อนของเครื่องเปลี่ยนต้นกำเนิดรังสีกระตุ้นและเปลี่ยนตัวอย่าง ให้มีความเร็วมากยิ่งขึ้น โดยเปลี่ยน Stepping Motor และวงจรขับสเต็ปปิงมอเตอร์ให้เหมาะสม

4.3.2 เพิ่มระบบตรวจสอบตำแหน่งและระยะทางในการเคลื่อนที่ของระบบเปลี่ยนต้นกำเนิดรังสีกระตุ้นและระบบเปลี่ยนตัวอย่างเพื่อสามารถหาตำแหน่งและระยะทางได้ถูกต้องมากยิ่งขึ้น

4.3.3 ควรพัฒนาระบบการกำบังรังสีให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นโดยอาจใช้ระบบกลและระบบอิเล็กทรอนิกส์เข้ามาเป็นส่วนประกอบ