การวิเคราะห์ไมลิบดีนัมโดยรวดเร็วในโลหะผสมหลักโมลิบดีนัม

ด้วยเทคนิคการเรืองรังสีเอกซ์

นายพิทักษ์ ทองคง

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2528

ISBN 974-564-929-5

010702

I16674091

RAPID ANALYSIS OF MOLYBDENUM CONTENTS IN MOLYBDENUM MASTER ALLOYS BY X-RAY FLUORESCENCE TECHNIQUE

Mr. Pitak Tongkong

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering

Department of Nuclear Technology

Graduate School

Chulalongkorn University

1985

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การวิเคราะห์โมลิบดีนัมโดยรวดเร็วในโลหะผสมหลักโมลิบดีนัม ด้วยเทคนิคการเรืองรังสีเอกซ์
โดย	นายพิทักษ์ ทองคง
ภาควิชา	นิวเคลียร์เทคโนโลยี
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร.ธัชชัย สุมิตร

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(ศาสตราจารย์ สุประดิษฐ์ บุนนาค)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(ศาสตราจารย์ สุวรรณ แสงเพ็ชร์)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ธัชชัย สุมิตร)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ชยากริต ศิริอุปถัมภ์)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นเรศร์ จันทน์ขาว)

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การวิเคราะห์โมลิบดีนัมโดยรวดเร็วในโลหะผสมหลักโมลิบดีนัม ด้วยเทคนิคการเรืองรังสีเอกซ์
ชื่อนิสิต	นายพิทักษ์ ทองคง
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร.ธัชชัย สุมิตร
ภาควิชา	นิวเคลียร์เทคโนโลยี
ปีการศึกษา	2528

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อ

ได้ทำการวิเคราะห์โมลิบดีนัมในโลหะผสมหลักโมลิบดีนัมด้วยเทคนิคการเรืองรังสีเอกซ์ระบบ EDX โดยการเติมสารมาตรฐานและสร้างกราฟปรับเทียบเพื่อการวิเคราะห์โดยตรง ผลการวิเคราะห์เมื่อเปรียบกับวิธีวิเคราะห์โดยเทคนิคการเรืองรังสีเอกซ์ระบบ WDX โดยการเติมสารมาตรฐาน โดยเทคนิคนิวตรอนแอคติเวชัน และโดยเทคนิคอินดัคทีฟคัพเพิลด์พลาสมาแล้วปรากฏว่าให้ผลสอดคล้องกัน การวิเคราะห์ด้วยเทคนิคดังกล่าวใช้วิเคราะห์โมลิบดีนัมในตัวอย่างโลหะผสมหลักได้ในช่วงปริมาณ 13 ถึง 50 เปอร์เซนต์ โดยใช้ได้ทั้งหัววัดรังสีแบบสารกึ่งตัวนำชนิดเจอร์มาเนียมบริสุทธิ์สูง หรือ หัววัดบรรจุแก๊สชนิดพรอพอชันนัล

ผลการวิจัยพบว่า เมื่อต้องการให้ผลการวิเคราะห์มีความผิดพลาดจากวิธีเติมสารมาตรฐานไปไม่เกิน 1 เปอร์เซนต์ ต้องใช้เวลาในการวิเคราะห์อย่างน้อย 30 และ 60 วินาที สำหรับโลหะผสมหลักโมลิบดีนัม-เหล็ก ที่มีโมลิบดีนัม 13.54 และ 49.09 เปอร์เซนต์ ตามลำดับ และจะต้องใช้เวลาวิเคราะห์อย่างน้อยเท่ากับ 120 และ 300 วินาที สำหรับโลหะผสมหลักโมลิบดีนัม-อะลูมิเนียม ที่มีโมลิบดีนัม 15.22 และ 47.26 เปอร์เซนต์ ตามลำดับ

Thesis Title Rapid Analysis of Molybdenum Contents in Molybdenum Master Alloys by X-Ray Fluorescence Technique

Name Mr. Pitak Tongkong

Thesis Advisor Associate Professor Tatchai Sumitra, Dr.Ing.

Department Nuclear Technology

Academic Year 1985

Abstract

Determination of molybdenum contents in molybdenum master alloy had been performed using energy dispersive x-ray fluorescence (EDX) technique where analysis were made via standard additions and calibration curves. Comparison of EDX technique with other analyzing techniques, i.e., wavelength dispersive x-ray fluorescence, neutron activation analysis and inductive coupled plasma spectrometry, showed consistency in the results. This technique was found to yield reliable results when molybdenum contents in master alloys were in the range of 13 to 50 percent using HPGe detector or proportional counter. When the required error was set at 1% , the minimum analyzing time was found to be 30 and 60 seconds for Fe-Mo master alloys with molybdenum content of 13.54 and 49.09 percent respectively. For Al-Mo master alloys, the minimum times required were 120 and 300 seconds with molybdenum content of 15.22 and 47.26 percent respectively.

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ สุวรรณ แสงเพ็ชร์ รองศาสตราจารย์ ดร.ธัชชัย สุมิตร ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ชยากริต ศิริอุปถัมภ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ นเรศร์ จันทน์ขาว ที่ได้กรุณาให้การสนับสนุน แนะนำ และให้คำปรึกษาจนวิทยาพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณมูลนิธินิสิตเก่าจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยและราชกรีฑาสโมสรที่กรุณาให้ทุนอุดหนุนการศึกษา ขอขอบพระคุณ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่กรุณาให้ทุนอุดหนุนสำหรับการวิจัยนี้

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณและขออภัยต่อทุกท่านที่กรุณาให้ความอนุเคราะห์ แต่ผู้เขียนมิได้กล่าวถึงไว้ ณ ที่นี้ด้วย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญตาราง ..... ฌ

สารบัญรูปประกอบ ..... ฏ

บทที่

1. บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 2

1.3 ขอบเขตของการวิจัย 2

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย 3

1.5 วิธีดำเนินการวิจัย 3

2. เทคนิคการวิเคราะห์โมลิบดีนัมโดยวิธีการเรืองรังสีเอกซ์ 4

2.1 หลักการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคการเรืองรังสีเอกซ์ 4

2.2 ระบบการวิเคราะห์ธาตุโดยเทคนิคการเรืองรังสีเอกซ์ 7

2.3 เทคนิคการวิเคราะห์ปริมาณ 11

3. วัสดุอุปกรณ์และการดำเนินการวิจัย 16

3.1 วัสดุอุปกรณ์ 16

3.1.1 อุปกรณ์ในการเตรียมตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์โดย
เทคนิคการเรืองรังสีเอกซ์ 16

3.1.2 อุปกรณ์ในการเตรียมตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์โดย
เทคนิคนิวตรอนแอคติเวชัน 24

3.1.3 อุปกรณ์ในการเตรียมตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์โดย
วิธีอินดัคทีฟคัพเพิลด์พลาสมา 24

3.1.4 อุปกรณ์วิเคราะห์โดยเทคนิคการเรืองรังสีเอกซ์ 24

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.1.5 อุปกรณ์วิเคราะห์โดยเทคนิคนิวตรอนแอคติเวชัน 33
3.1.6 อุปกรณ์วิเคราะห์โดยวิธีอินดัคทีฟคัพเพิลด์พลาสมา 33
3.2 วิธีดำเนินการวิจัย 40
3.2.1 วิธีวิเคราะห์ปริมาณโมลิบดีนัมในโลหะผสมหลัก 40
3.2.2 วิธีสร้างกราฟมาตรฐาน 46
3.2.3 วิธีหาเวลาและความคลาดเคลื่อนที่ใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณโมลิบดีนัม 47
4. ผลของการวิจัย 49
4.1 ผลการวิเคราะห์ปริมาณโมลิบดีนัมในโลหะผสมหลัก 49
4.2 ผลการสร้างกราฟมาตรฐาน 49
4.3 ผลการทดลองเพื่อหาเวลาและความคลาดเคลื่อนที่ใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณโมลิบดีนัมในโลหะผสมหลักด้วยเทคนิคการเรืองรังสีเอกซ์ 62
5. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 69
5.1 สรุปและวิจารณ์ผลการวิจัย 69
5.2 ข้อเสนอแนะ 71
เอกสารอ้างอิง 76
ภาคผนวก 81
ประวัติ 142

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่

4.1 แสดงผลการวิเคราะห์โมลิบดีนัมในโลหะผสมหลักด้วยเทคนิคการวิเคราะห์ต่าง ๆ 52

4.2 แสดงรายละเอียดของข้อมูลในการสร้างกราฟมาตรฐานระหว่างปริมาณความเข้มของโมลิบดีนัมกับความเข้มของรังสีเอกซ์เรืองที่วิเคราะห์ได้ในตัวอย่างโลหะผสมหลักโมลิบดีนัม-อะลูมิเนียม วิเคราะห์โดยหัววัด HPGe 53

4.3 แสดงรายละเอียดของข้อมูลในการสร้างกราฟมาตรฐานระหว่างปริมาณความเข้มของโมลิบดีนัมกับความเข้มของรังสีเอกซ์เรืองที่วิเคราะห์ได้ในตัวอย่างโลหะผสมหลักโมลิบดีนัม-อะลูมิเนียม วิเคราะห์โดยหัววัดพรอพอชันนัล 55

4.4 แสดงรายละเอียดของข้อมูลในการสร้างกราฟมาตรฐานระหว่างปริมาณความเข้มของโมลิบดีนัมกับความเข้มของรังสีเอกซ์เรืองที่วิเคราะห์ได้ในตัวอย่างโลหะผสมหลักโมลิบดีนัม-เหล็ก วิเคราะห์โดยหัววัด HPGe 58

4.5 แสดงรายละเอียดของข้อมูลในการสร้างกราฟมาตรฐานระหว่างปริมาณความเข้มของโมลิบดีนัมกับความเข้มของรังสีเอกซ์เรืองที่วิเคราะห์ได้ในตัวอย่างโลหะผสมหลักโมลิบดีนัม-เหล็ก วิเคราะห์โดยหัววัดพรอพอชันนัล 60

4.6 แสดงช่วงปริมาณโมลิบดีนัมที่วิเคราะห์ได้ในโลหะผสมหลักโมลิบดีนัม-อะลูมิเนียม ที่ช่วงเวลาวิเคราะห์ต่าง ๆ กัน โดยเทคนิคการเรืองรังสีเอกซ์ 63

4.7 แสดงช่วงปริมาณโมลิบดีนัมที่วิเคราะห์ได้ในโลหะผสมหลักโมลิบดีนัม-เหล็ก ที่ช่วงเวลาวิเคราะห์ต่าง ๆ กัน โดยเทคนิคการเรืองรังสีเอกซ์ ... 66

5.1 แสดงความสัมพันธ์ของช่วงเวลาและค่าความคลาดเคลื่อนที่ได้ในการวิเคราะห์ตัวอย่างโลหะผสมหลักโมลิบดีนัม 70

6.1 แสดงพลังงานยึดเหนี่ยวของอิเลคตรอนในวงโคจร (kV) 82

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่

6.2 แสดงพลังงานของรังสีเอกซ์เรืองที่ส่งออกจากวงโคจร (keV) 82

6.3 แสดงค่า x-ray absorption edges ในรูปความยาวคลื่น (Å) 82

6.4 แสดงค่าความยาวคลื่น (Å) ของรังสีเอกซ์เรืองจากอะตอมโมลิบดีนัม เหล็กและอะลูมิเนียม K-series 83

6.5 แสดงค่าความยาวคลื่น (Å) ของรังสีเอกซ์เรืองจากอะตอมโมลิบดีนัม เหล็กและอะลูมิเนียม L-series 83

6.6 แสดงค่าฟลูออเรสเซนซ์ยีลด์ของธาตุในวงโคจรต่าง ๆ 89

6.7 แสดงคุณสมบัติของต้นกำเนิดรังสีชนิดไอโซโทปรังสีบางชนิด 92

7.1 แสดงรายละเอียดของไอโซโทปต่าง ๆ ของโมลิบดีนัม 105

8.1 แสดงรายละเอียดของข้อมูลการเติมสารมาตรฐานและจำนวนนับที่ได้ ของโลหะผสมหลักโมลิบดีนัมตัวอย่างที่ 1 107

8.2 แสดงรายละเอียดของข้อมูลการเติมสารมาตรฐานและจำนวนนับที่ได้ ของโลหะผสมหลักโมลิบดีนัมตัวอย่างที่ 2 112

8.3 แสดงรายละเอียดของข้อมูลการเติมสารมาตรฐานและจำนวนนับที่ได้ ของโลหะผสมหลักโมลิบดีนัมตัวอย่างที่ 3 114

8.4 แสดงรายละเอียดของข้อมูลการเติมสารมาตรฐานและจำนวนนับที่ได้ ของโลหะผสมหลักโมลิบดีนัมตัวอย่างที่ 4 116

8.5 แสดงรายละเอียดของข้อมูลการเติมสารมาตรฐานและจำนวนนับที่ได้ ของโลหะผสมหลักโมลิบดีนัมตัวอย่างที่ 5 118

8.6 แสดงรายละเอียดของข้อมูลการเติมสารมาตรฐานและจำนวนนับที่ได้ ของโลหะผสมหลักโมลิบดีนัมตัวอย่างที่ 6 120

8.7 แสดงรายละเอียดของข้อมูลการเติมสารมาตรฐานและจำนวนนับที่ได้ ของโลหะผสมหลักโมลิบดีนัมตัวอย่างที่ 7 122

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่

8.8 แสดงรายละเอียดของข้อมูลการเติมสารมาตรฐานและจำนวนนับที่ได้ของโลหะผสมหลักโมลิบดีนัมตัวอย่างที่ 8 124

8.9 แสดงรายละเอียดของข้อมูลการเติมสารมาตรฐานและจำนวนนับที่ได้ของโลหะผสมหลักโมลิบดีนัมตัวอย่างที่ 9 126

8.10 แสดงรายละเอียดของข้อมูลการเติมสารมาตรฐานและจำนวนนับที่ได้ของโลหะผสมหลักโมลิบดีนัมตัวอย่างที่ 10 128

8.11 แสดงรายละเอียดของข้อมูลการเติมสารมาตรฐานและจำนวนนับที่ได้ของโลหะผสมหลักโมลิบดีนัมตัวอย่างที่ 11 130

9.1 คุณสมบัติเฉพาะของ ICPS excitation source 138

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูปประกอบ

หน้า

รูปที่

2.1 การกำเนิดรังสีเอกซ์เรือง 5

2.2 แผนภาพแสดงการแทนที่ของอิเลคตรอนที่ทำให้เกิดรังสีเอกซ์เฉพาะตัว 6

2.3 ภาพแสดงระบบวิเคราะห์ธาตุด้วยพลังงานของรังสีเอกซ์เรือง 8

2.4 แผนภูมิของระบบวัดรังสีเอกซ์เรืองแบบเวฟเลงท์ดีสเพอร์สีพ 10

2.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตรานับรังสีเอกซ์เรืองกับเปอร์เซนต์ความเข้มข้นของธาตุในสารมาตรฐาน 11

2.6 แสดงตัวอย่างการวิเคราะห์ปริมาณธาตุโดยหาอัตราส่วนความชันของการเติมสารมาตรฐาน 15

3.1 แสดงลักษณะของตัวหุ้มอบดชนิดแท่งทรงกระบอก .....

3.2 แสดงลักษณะแท่งบดชนิดทรงกระบอก 17

3.3 แสดงลักษณะทั่วไปของตัวขับเคลื่อน 18

3.4 แสดงลักษณะของเครื่องบดชนิดลูกกลม 19

3.5 แสดงลักษณะของเครื่องเขย่าของเครื่องบดชนิดลูกกลม 19

3.6 แสดงลักษณะของวงแหวนอะลูมิเนียม 20

3.7 แสดงลักษณะดายที่ใช้อัดตัวอย่าง 21

3.8 แสดงลักษณะทั่วไปของเครื่องอัดไฮดรอลิก 22

3.9 แสดงส่วนประกอบต่าง ๆ ของเครื่องอัดไฮดรอลิก 23

3.10 ลักษณะต้นกำเนิดรังสีชนิดไอโซโทปรังสี 25

3.11 แสดงลักษณะของ sample hoder 25

3.12 แสดงลักษณะทั่วไปของ sample masks 26

3.13 แผนภาพเครื่องวิเคราะห์ระบบ EDX แบบใช้หัววัดพรอพอชันนัล 27

3.14 แผนภาพเครื่องวิเคราะห์ระบบ EDX แบบใช้หัววัด HPGe 28

3.15 เครื่องวิเคราะห์ระบบ WDX ของ JEOL model JSX-60 PA 29

สารบัญรูปประกอบ (ต่อ)

หน้า

รูปที่

3.16 แสดงส่วนประกอบของเครื่องวิเคราะห์ระบบ WDX ของ JEOL model JSX-60 PA 30

3.17 หลอดต้นกำเนิดรังสีเอกซ์ชนิดหน้าต่างปลายซึ่งใช้เป็นต้นกำเนิดรังสีปฐมภูมิ .. 31

3.18 แผนผังของเครื่องวิเคราะห์ระบบ WDX ของ JEOL model JSX-60 PA .. 32

3.19 ภาพแผนผังของตำแหน่งท่ออาบนิวตรอนต่าง ๆ ของเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัย 1/1 เมื่อแกนเครื่องปฏิกรณ์อยู่ที่ตำแหน่งเทอร์มัลคอลัมน์ 34

3.20 แผนผังของเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัย-1/ปรับปรุงครั้งที่ 1 35

3.21 แผนภาพระบบการวัดรังสีโดยใช้หัววัดรังสี Ge(Li) 36

3.22 เครื่อง ICPS-50 37

3.23 แผนผังเครื่องวิเคราะห์ ICP discharge spectrometer 38

3.24 แสดง optical system 39

3.25 แสดงลักษณะการวางสารตัวอย่างเพื่อเตรียมเข้าเครื่องอัด 41

3.26 แสดงลักษณะของการจัดอุปกรณ์อัดสารตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ด้วยเทคนิคการเรืองรังสีเอกซ์ 41

3.27 การจัดระบบวิเคราะห์แบบโคแอคเชียล 42

3.28 แสดงสเปคตรัมจากการวิเคราะห์โมลิบดีนัมในโลหะผสมหลักด้วยเครื่องวิเคราะห์รังสีเอกซ์เรืองระบบ EDX 43

3.29 แสดงรายละเอียดของการสลายตัวของ ^{99}Mo 45

3.30 แสดงลักษณะชิ้นตัวอย่างโลหะผสมหลักโมลิบดีนัมซึ่งใช้สร้างกราฟมาตรฐาน ... 47

4.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มของรังสีเอกซ์เรือง K_{α_1}, K_{α_2} ของเหล็กในตัวอย่างโลหะผสมหลักโมลิบดีนัมกับเวลาที่ใช้ในการบดด้วยเครื่องบดตัวอย่างชนิดแท่งทรงกระบอก 50

4.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มของรังสีเอกซ์เรือง K_{α_1} ของทังสเตนในตัวอย่างโลหะผสมหลักโมลิบดีนัมกับเวลาที่ใช้ในการบดด้วยเครื่องบดชนิดลูกกลม 51

สารบัญรูปประกอบ (ต่อ)

หน้า

รูปที่

4.3 กราฟมาตรฐานแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโมลิบดีนัมในโลหะผสมหลักโมลิบดีนัม-อะลูมิเนียม กับความเข้มของรังสีเอกซ์เรืองวิเคราะห์โดยหัววัด HPGe 54

4.4 กราฟมาตรฐานแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโมลิบดีนัมในโลหะผสมหลักโมลิบดีนัม-อะลูมิเนียม กับความเข้มของรังสีเอกซ์เรืองวิเคราะห์โดยหัววัดพรอพอชันนัล 56

4.5 กราฟมาตรฐานแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโมลิบดีนัมในโลหะผสมหลักโมลิบดีนัม-เหล็ก กับความเข้มของรังสีเอกซ์เรืองวิเคราะห์โดยหัววัด HPGe 59

4.6 กราฟมาตรฐานแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโมลิบดีนัมในโลหะผสมหลักโมลิบดีนัม-เหล็ก กับความเข้มของรังสีเอกซ์เรืองวิเคราะห์โดยหัววัดพรอพอชันนัล 61

4.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ใช้วิเคราะห์ตัวอย่างกับปริมาณโมลิบดีนัมที่วิเคราะห์ได้ในตัวอย่างโลหะผสมหลักโมลิบดีนัม-อะลูมิเนียม ซึ่งมีปริมาณโมลิบดีนัม 15.22% 64

4.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ใช้วิเคราะห์ตัวอย่างกับปริมาณโมลิบดีนัมที่วิเคราะห์ได้ในตัวอย่างโลหะผสมหลักโมลิบดีนัม-อะลูมิเนียม ซึ่งมีปริมาณโมลิบดีนัม 47.26% 65

4.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ใช้วิเคราะห์ตัวอย่างกับปริมาณโมลิบดีนัมที่วิเคราะห์ได้ในตัวอย่างโลหะผสมหลักโมลิบดีนัม-เหล็ก ซึ่งมีปริมาณโมลิบดีนัม 13.54882% 67

4.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ใช้วิเคราะห์ตัวอย่างกับปริมาณโมลิบดีนัมที่วิเคราะห์ได้ในตัวอย่างโลหะผสมหลักโมลิบดีนัม-เหล็ก ซึ่งมีปริมาณโมลิบดีนัม 49.0922% 68

สารบัญรูปประกอบ (ต่อ)

หน้า

รูปที่

5.1 เครื่องเตรียมตัวอย่าง high frequency induction furnace 72

5.2 เครื่อง high vacuum furnace 73

5.3 ลักษณะโดยทั่วไปของชิ้นตัวอย่างที่เตรียมได้จากเครื่อง high frequency induction furnace 74

5.4 แสดงการจัดอุปกรณ์การวิเคราะห์ด้วยเครื่องวิเคราะห์รังสีเอกซ์แบบช่องเดียว 75

6.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าแอบซอร์พชันเอดจ์ในรูปของความยาวคลื่น (Å) กับเลขอะตอม 84

6.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าแอบซอร์พชันเอดจ์ (keV) กับเลขอะตอม ... 85

6.3 กราฟแสดงอัตราส่วนของความเข้มของรังสีเอกซ์เฉพาะตัวของเหล็กในโลหะผสมต่อความเข้มรังสีเอกซ์เฉพาะตัวของเหล็กบริสุทธิ์ 87

6.4 แผนภาพแสดงการเกิด Auger Effect 88

6.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างฟลูออเรสเซนซ์ยีลด์กับเลขอะตอม 89

6.6 แสดงโครงสร้างอย่างง่ายของหลอดกำเนิดรังสีเอกซ์ 90

6.7 แสดงการหาพื้นที่สุทธิใต้พีคตามวิธีของ Covell 93

7.1 แสดงการกระจายพลังงานของนิวตรอนในเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ 98

7.2 แสดงอันตรกริยาของนิวตรอนต่อสสาร 99

9.1 แสดงคบ ICP discharge 137

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย