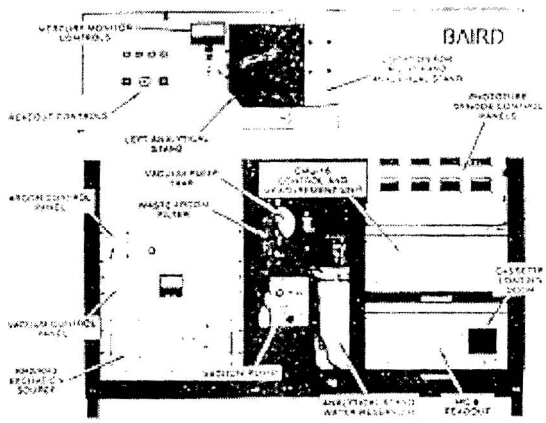
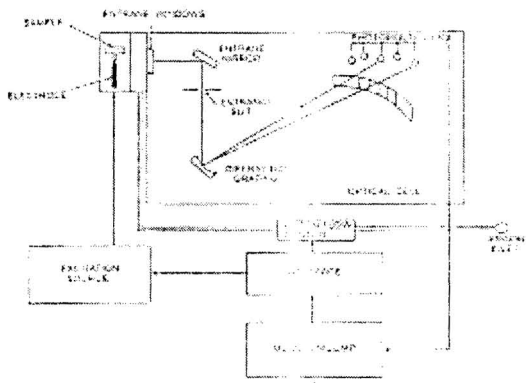
ความสามารถใช้งานของเครื่องอิมิสชันสเปกโทรมิเตอร์ในการวิเคราะห์ทางเคมี

ประพิศ ประคุณหังสิต

ปัจจุบันนี้ความเจริญก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้ขยายตัวรุดหน้าไปอย่างรวดเร็ว ได้มีเทคนิคหรืออุปกรณ์เครื่องมือต่าง ๆ ที่ใช้ในการวิเคราะห์ทางเคมีได้ถูกค้นคว้าและพัฒนาไปอย่างรวดเร็วเช่นกัน ทำให้ประสิทธิภาพในการทำงานสูงขึ้น ซึ่งช่วงให้นักวิทยาศาสตร์ทำงานได้สะดวก รวดเร็ว มีความถูกต้องแม่นยำ และมีความปลอดภัยในการทำงานมากยิ่งขึ้น

Emission Spectrometer เป็นเครื่อง Electro-optical instrument ชนิดหนึ่งที่มีขีดความสามารถสูง ใช้ในการวิเคราะห์ธาตุต่าง ๆ ด้านเคมีวิเคราะห์เชิงปริมาณ (quantitative analysis) ได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพสูง สามารถวิเคราะห์ธาตุต่าง ๆ ได้มากกว่า 20 ธาตุ พร้อม ๆ กัน (simultaneous) ในตัวอย่างโลหะที่มีสภาพเป็นของแข็ง โดยไม่ต้องใช้สารเคมีย่อยสลายตัวอย่าง จึงไม่ทำให้เกิดมลภาวะ





ส่วนประกอบของเครื่อง Emission Spectrometer

เครื่อง Emission Spectrometer ประกอบด้วยส่วนประกอบหลักดังนี้

1. Excitation source เป็นส่วนจ่ายไฟฟ้าแรงสูง Spark ตัวอย่างเพื่อให้เกิดการกระตุ้น (excitation) ซึ่งให้พลังงานออกมาในรูปของคลื่นแสง

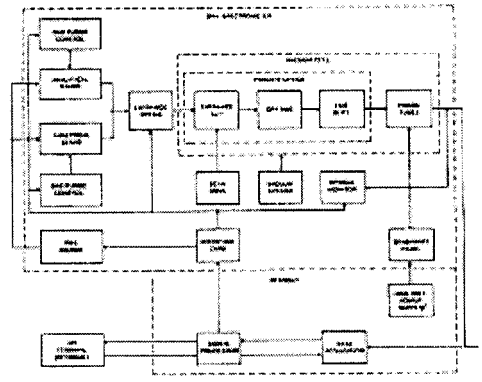
2. ส่วนคอมพิวเตอร์ภายใน (mini computer) ควบคุมการทำงานของเครื่องการรับส่งข้อมูล และการแปลงค่า Analog เป็น Digital

3. ตู้แยกแสงระบบสุญญากาศ (optical cell) ความยาวโฟกัส 1,000 มิลลิเมตร มีช่องแยกแสงพร้อมหลอด PMT 41 หลอดสามารถวิเคราะห์ธาตุได้ถึง 26 ธาตุ สำหรับธาตุที่มีความยาวคลื่นแสงตั้งแต่ 1730°A - 7670°A

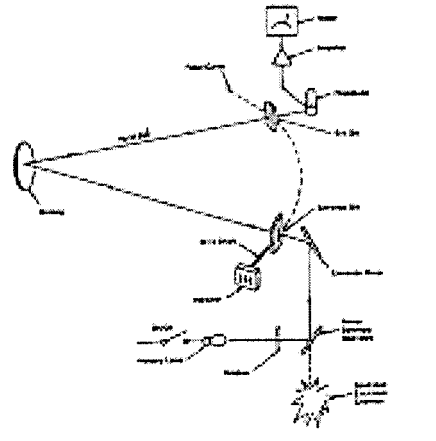
4. ส่วนประมวลผล (computer workstation) นำสัญญาณไฟฟ้าที่แปลงเป็นปริมาณความเข้มข้นของธาตุต่าง ๆ มาแสดงทางหน้าจอของเครื่องคอมพิวเตอร์ และถ่ายโอนข้อมูลโดยพิมพ์รายงานผลออกมา

หลักการทำงานของเครื่อง Emission Spectrometer

โลหะชนิดต่าง ๆ จะประกอบด้วยธาตุที่มีปริมาณมากน้อยแตกต่างกัน แล้วแต่ชนิดของโลหะที่มนุษย์คิดค้นขึ้นมาเพื่อนำไปใช้งานต่าง ๆ ตามความเหมาะสม เครื่อง Emission Spectrometer ใช้วิเคราะห์ธาตุต่าง ๆ ในโลหะเหล่านี้ โดยอาศัยกระแสไฟฟ้าแรงสูง Spark ก้อนโลหะ เพื่อกระตุ้น (excite) ให้อะตอมของธาตุที่อยู่ในโลหะนั้นเกิดการเปลี่ยนสถานะจากสภาวะปกติ (ground State) ไปสู่สภาวะกระตุ้น excited state) ซึ่งเป็นสภาพที่ไม่เสถียร อิเลคตรอนของธาตุในสภาวะกระตุ้นนี้ จะพยายามกลับไปสู่สภาวะปกติ ซึ่งการที่อิเลคตรอนกลับไปสู่สภาพเดิมได้นั้น จะต้องคายพลังงาน (radiant energy) ที่ได้รับออกเพื่อให้พลังงานในตัวต่ำลง พลังงานที่อิเลคตรอนคายออกมานี้จะอยู่ในรูปของคลื่นแสง ซึ่งแต่ละธาตุจะมีคลื่นแสงไม่เท่ากัน เมื่ออิเลคตรอนของอะตอมในแต่ละธาตุคายพลังงานออกมาพร้อม ๆ กันและรวมกัน จึงจำเป็นต้องทำการแยกแสงของธาตุแต่ละธาตุออกจากกันโดยอาศัย grating แยกแสงออกเป็น spectrum อะตอมของธาตุต่างกันจะให้เส้นแสง (spectral line) ต่างกันและเกิดที่ช่วงความยาวคลื่น (wavelength) ต่างกัน เมื่อแสงผ่าน exit slit เข้าสู่ Photomultiplier tube (PMT) หลอด PMT จะทำหน้าที่เปลี่ยนความเข้มของคลื่นแสง (line brightness) เป็นกระแสไฟฟ้า (electrical current) ซึ่งถ้าปริมาณธาตุใด ในตัวอย่างมีค่ามาก พลังงานแสงของธาตุนั้นก็จะเข้มมาก กระแสไฟฟ้าที่ออกจากหลอด PMT ก็จะมากด้วย ในทางกลับกัน เมื่อธาตุใดในตัวอย่างมีปริมาณน้อย พลังงานแสงของธาตุนั้นก็จะเข้มน้อย กระแสไฟฟ้าจากหลอด PMT ก็จะน้อยด้วย โดยปกติหลอด PMT จะจ่ายกระแสไฟฟ้าออกมาเป็นไฟกระแสตรง (DC) ในระบบ Analog ซึ่งไม่สามารถส่งต่อให้คอมพิวเตอร์ภายนอกเพื่อประมวลผลได้ จำเป็นต้องผ่านวงจร Analog to Digital Converter เพื่อแปลงสัญญาณเป็น Digital ก่อน จึงจะส่งผลให้คอมพิวเตอร์ภายนอกได้



รูปที่ 2 System Block Diagram



รูปที่ 3 Optical Alignment Diagram

จุดประสงค์หลักของการใช้เครื่อง Emission Spectrometer นั้น ใช้เพื่อวิเคราะห์ปริมาณธาตุต่าง ๆ ในโลหะผสมที่มีปริมาณคิดเป็นร้อยละ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมี Calibration curve เพื่อคำนวณหาค่าของธาตุที่มีปริมาณคิดเป็นร้อยละ

เครื่อง Emission Spectrometer 1000 DV-4 ของกองเคมีสามารถวิเคราะห์โลหะผสมต่าง ๆ ได้เช่น อะลูมิเนียม ทองเหลือง ทองแดง เหล็ก ตะกั่วบัดกรี ตะกั่ว ดีบุก สังกะสี เป็นต้น ซึ่งโลหะประเภทต่าง ๆ เหล่านี้ยังสามารถแยกย่อยออกเป็นชนิดต่าง ๆ อีก เช่น เหล็ก แยกออกเป็น carbon steel, stainless steel, tool steel, low alloy steel, manganese steel, cast Iron, chromium steel เป็นต้น ซึ่งโลหะแต่ละชนิดจะมี calibration curve เฉพาะชนิดนั้น ๆ สำหรับวิเคราะห์เปรียบเทียบกับตัวอย่าง ดังนั้นในการใช้เครื่องมือชนิดนี้ผู้วิเคราะห์ควรมีความรู้ความสามารถและประสบการณ์ทางด้านโลหะเป็นอย่างดี จึงจะสามารถเรียกใช้โปรแกรมซอฟต์แวร์ได้ถูกต้องและเหมาะสมกับตัวอย่างที่ได้รับ ผลการวิเคราะห์จึงจะมีความถูกต้องแม่นยำและมีประสิทธิภาพสูง ในการทำ Calibration curve จำเป็นต้องใช้วัสดุอ้างอิง (reference material) หรือวัสดุอ้างอิงรับรอง (certified reference material) ซึ่งเป็นโลหะมาตรฐาน (standard metal) มาสร้างกราฟมาตรฐานเพื่อใช้เป็นมาตรฐานอ้างอิง (reference standard) สำหรับเปรียบเทียบกับผลวิเคราะห์ของตัวอย่าง ซึ่งผลการวิเคราะห์ที่ได้จะมีความถูกต้องแม่นยำ และเชื่อถือได้

การประยุกต์ใช้งาน

กรณีที่ไม่ทราบว่าตัวอย่างเป็นโลหะชนิดใด ผู้วิเคราะห์จำเป็นต้องใช้ความรู้ ความสามารถและประสบการณ์ พิจารณาว่าเป็นโลหะประเภทไหน ตัวอย่าง เช่น ทราบว่าเป็น "เหล็ก" ในเบื้องต้น ผู้ทำการวิเคราะห์ต้องใช้โปรแกรมคำสั่งควบคุมเครื่องมือสำหรับตรวจหาเหล็กชนิดต่าง ๆ แต่ละชนิดมาทำการ spark ตัวอย่างโดยไม่ต้องทำ Calibration curve เพื่อจะดูผลการวิเคราะห์เบื้องต้นว่า เหล็กตัวอย่างนี้มีธาตุอะไรบ้างมากน้อยแค่ไหน ปริมาณเท่าไร นำผลสรุปที่ได้มาศึกษาเปรียบเทียบกับเอกสารทางวิชาการ เช่น เพื่อให้ทราบว่าเป็นเหล็กชนิดใดจากนั้นจึงจะดำเนินการ วิเคราะห์เชิงปริมาณ โดยใช้โปรแกรมคำสั่งเครื่องมือในการตรวจ ตามชนิดของเหล็กนั้น ๆ ตัวอย่าง เช่น สรุปผลว่าเป็น Low-alloy stell ก็จะใช้โลหะมาตรฐานที่มีส่วนประกอบใกล้เคียงกันกับตัวตัวอย่างมาสร้าง Calibration curve สำหรับเปรียบเทียบ กับการวิเคราะห์ตัวอย่าง จึงจะได้ผลการวิเคราะห์ที่ถูกต้องแม่นยำและมีประสิทธิภาพ

ปัญหาและอุปสรรค

เครื่อง Emission Spectrometer เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์หาปริมาณธาตุต่าง ๆ ในโลหะ ที่จำเป็นต้องใช้โลหะมาตรฐานมาสร้างกราฟมาตรฐานสำหรับเป็นมาตรฐานอ้างอิงเปรียบเทียบกับตัวอย่างที่จะวิเคราะห์ ซึ่งโลหะมาตรฐานเหล่านี้ ต้องสั่งซื้อจากต่างประเทศและมีราคาค่อนข้างสูง และสำหรับธาตุที่มีขนาดความยาวคลื่นแสงต่ำกว่า 2000 ° A ซึ่งเป็นคลื่นแสง ultra violet เช่นธาตุ carbon, sulphur, phosphorus, boron, selenium, arsenic และ tin จำเป็นต้องวิเคราะห์ในระบบสุญญากาศ เพราะอากาศจะเป็นตัวด้านคลื่นแสง Ultra Violet ดังนั้นก่อนทำการวิเคราะห์ธาตุเหล่านี้จึงต้องทำให้เครื่องเป็นระบบสุญญากาศอย่างสมบูรณ์ โดยใช้ก๊าซอาร์กอนชนิดความบริสุทธิ์สูง (ultra high pure) ที่มีความบริสุทธิ์มากกว่า 99.999% เป็นก๊าซที่จะไล่อากาศออกให้หมด จึงจะสามารถทำการ วิเคราะห์ธาตุเหล่านี้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่เครื่องมือนี้มีประโยชน์ต่องานวิเคราะห์ทดสอบ และงานศึกษาวิจัยมาก เพราะสามารถวิเคราะห์ธาตุต่าง ๆ ได้สะดวก รวดเร็ว ประหยัด เวลา และลดมลภาวะจากการใช้สารเคมี เนื่องจากไม่ต้องย่อยสลายตัวอย่างในการวิเคราะห์ และเป็นประโยชน์อย่างมากต่ออุตสาหกรรมต่าง ๆ ภายในประเทศ เนื่องจากสามารถให้บริการการวิเคราะห์ได้อย่างรวดเร็ว และผลการวิเคราะห์ที่ได้ก็มีความถูกต้องแม่นยำ เชื่อถือได้ เพราะใช้วัสดุอ้างอิงเป็นมาตรฐานในการเปรียบเทียบกับผลการวิเคราะห์ของตัวอย่าง และกองเคมี กรมวิทยาศาสตร์บริการ ได้จัดทำระบบคุณภาพของห้องปฏิบัติการทดสอบ ในการวิเคราะห์ทางเคมี เพื่อหาปริมาณธาตุโดยใช้เครื่อง Emission Spectrometer ด้วย

เอกสารอ้างอิง

Australian Standard Institution. Recommended practice for atomic emission spectrometric analysis. Part 1: principles and techniques. **AS. 3641.** 1989.

Baird. **Are/spark software manual.** Bedford, MA.: Baird, 1995. 210 p.

——. **Spectrovac (model DV-4)** Bedford, MA.: Baird, 1984. 50 p.

Skoog, D.A., and Leary, J.J. **Principles of instrument analysis.** 4th ed. Florida: Saunders College Publishing, 1992. p. 420-450