



1.1 ความเป็นมาของปัญหา

แร่โมนาไซต์ (Monazite) และยูเรเนียม (Uranium) ที่พบในประเทศไทยมีส่วนประกอบของซอเรียม ยูเรเนียม และพวกแรร์เอิร์ท (rare earth) แรร์เอิร์ทเป็นชื่อที่ใช้เรียกหมู่ธาตุที่มีเลขอะตอม (atomic number) ตั้งแต่ 58 ถึง 71 (Lanthanide series) จากธาตุซีเรียม (Cerium) ถึงธาตุลูทีเซียม (Lutetium) รวมทั้งธาตุที่มีสมบัติคล้ายคลึงกันคือแลนทานัม (Lanthanum) และอิตเทรียม (Yttrium) ด้วย ในธรรมชาติธาตุเหล่านี้จะเกิดรวมกันในแร่ยกเวโนพรอมีเทียม (Promethium) และสามารถแยกออกมาจากแร่ได้ในรูปออกไซด์ แรร์เอิร์ทแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มย่อย กลุ่มแรกคือกลุ่มย่อยซีเรียม (Ce-sub group) หรือแรร์เอิร์ทชนิดเบา (light rare earths) ประกอบด้วยธาตุ La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu และ Gd กลุ่มที่สองคือกลุ่มย่อยอิตเทรียม (Y-sub group) หรือแรร์เอิร์ทชนิดหนัก (heavy rare earths) ประกอบด้วยธาตุ Y, Lu, Yb, Tm, Er, Ho, Dy และ Tb ซึ่งแรร์เอิร์ทนั้นมักจะพบอยู่ในแร่หลายชนิด แต่ที่พบและเป็นทรัพยากรที่มากที่สุดคือแร่โมนาไซต์ มีส่วนประกอบของแรร์เอิร์ทและซอเรียมฟอสเฟต โดยทั่วไปมีสูตร $(Ce, La, Pr, Nd, Th)PO_4$ ปริมาณธาตุต่าง ๆ ในแร่ขึ้นอยู่กับแหล่งกำเนิดของแร่ โดยปกติจะมี Th_2O_3 5-10 % La_2O_3 Pr_6O_{11} Nd_2O_3 20-30 % SiO_2 1-4 %⁽¹⁾ และสิ่งเจือปนอื่น ๆ เช่น Fe, Co ซึ่งมีปริมาณน้อยมาก แร่ชนิดนี้มีลักษณะสีน้ำตาลแดง หรือเหลือง มีความวาว

แรร์เอิร์ทเมื่อทำให้บริสุทธิ์ผลิตผลส่วนใหญ่จะเป็นซีเรียมออกไซด์ (CeO_2) ที่ใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับโรงงานอุตสาหกรรมหลอมแก้ว และโรงงานผลิตเลนส์ชนิดที่ราคาแพง โลหะผสมแรร์เอิร์ทส่วนหนึ่งจะใช้เป็นวัตถุดิบเพื่อผลิต Misch Metal (สำหรับถ่านไฟแช็ก)

และผลิตภัณฑ์ผสมเหล็กแอร์อิธ รวมทั้งโลหะผสมเหล็ก-ซีเรียม เพื่อใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมผลิตเหล็กหล่อเหนียว

เนื่องจากความสำคัญของแอร์อิธดังกล่าว ทางภาควิชาวิศวกรรมโลหการ เทคโนโลยี โดยศาสตราจารย์ สุวรรณ แสงเพชร และภาควิชาวิศวกรรมโลหการ โดย ร.ศ. มนต์ สติรจินดา จากคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ได้ร่วมมือกันในการนำเอาแอร์อิธที่มีอยู่เพื่อนำมาใช้ประโยชน์ในการทดลองผลิตเหล็กหล่อเหนียวชนิดเชื้อธาตุพวกซีเรียมและแลนทานัมคือเหล็กหล่อนอดูลาร์ (Nodular cast iron)

ซีเรียม (Cerium) สัญลักษณ์ Ce เป็นโลหะมีสีเทา มีน้ำหนักอะตอม 140.12 มีความถ่วงจำเพาะ 6.657-6.757 ขึ้นกับลักษณะโครงสร้างของผลึก มีจุดหลอมเหลวที่ $799^{\circ}C$ และมีจุดเดือดที่ $3426^{\circ}C$

แลนทานัม (Lanthanum) สัญลักษณ์ La เป็นโลหะสีขาว มีน้ำหนักอะตอม 138.91 มีความถ่วงจำเพาะ 6.1453-6.17 ขึ้นกับลักษณะโครงสร้างของผลึก มีจุดหลอมเหลวที่ $921^{\circ}C$ และมีจุดเดือดที่ $3457^{\circ}C$

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 ศึกษาวิธีการวิเคราะห์ซีเรียมและแลนทานัมในเหล็กหล่อนอดูลาร์ โดยเทคนิคนิวตรอนแอคทีเวชัน

1.2.2 หาขีดจำกัด (Limit of detection) ของซีเรียมและแลนทานัมในเหล็กหล่อนอดูลาร์

1.3 วิธีดำเนินการวิจัย

1.3.1 ศึกษาและค้นคว้าทางเอกสารเกี่ยวกับการตรวจหาซีเรียมและแลนทานัมปริมาณน้อยในเหล็กหล่อนอดูลาร์

1.3.2 ศึกษาเกี่ยวกับการวิเคราะห์ซีเรียมและแลนทานัมปริมาณน้อยในตัวอย่างเหล็กหล่อนอดูลาร์มาตรฐาน

1.3.3 ศึกษาเกี่ยวกับการวิเคราะห์ซีเรียมและแลนทานัมปริมาณน้อยในเหล็กหล่อชนิดที่ทดลองผลิตขึ้นโดยภาควิชาวิศวกรรมโลหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัยนี้

เนื่องจากเหล็กหล่อชนิดที่สามารถรับแรงดึง (Tensile Strength) ได้มาก แต่ความสามารถขึ้นขึ้นอยู่กับลักษณะของแกรไฟต์ที่เกิดขึ้น ซึ่งเป็นผลจากการเติมซีเรียมลงในเหล็กหล่อ (Cast iron) ดังนั้นวิธีการวิเคราะห์ซีเรียมและแลนทานัมปริมาณน้อยมาก ๆ สามารถนำไปใช้พัฒนาอุตสาหกรรมการหล่อเหล็กหล่อ เพื่อใช้ประโยชน์ต่าง ๆ ได้ เช่น การหล่อเสื่อสูบของเครื่องยนต์ หรือชิ้นส่วนของเครื่องมือกลชนิดที่ต้องการคุณสมบัติดีกว่าเหล็กหล่อธรรมดา

1.5 การสำรวจงานวิจัยอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องซึ่งได้กระทำมาแล้ว

Kashuba และ Hines⁽²⁾ วิเคราะห์แลนทานัม ซีเรียม และโพแทสเซียมในสารตัวอย่างเหล็กโดยวิธีเรืองรังสีเอกซ์ (X-Ray Fluorescence) ใช้สารตัวอย่าง 2 กรัม ละลายด้วยกรดไนตริกเข้มข้นจำนวน 12.5 ลบ.ซม. เติมไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 5 หยด เติมน้ำปรับปริมาตรให้เป็น 30 ลบ.ซม. แล้วเทใส่ในฟลasks (flask) ขนาด 1 ลิตร ล้างภาชนะที่ใช้ด้วยเมทานอล จำนวน 600 ลบ.ซม. แล้วเทใส่รวมในฟลasks เติมกรด glacial acetic แล้วนำสารละลายไปแยกคอลลอยด์ที่บรรจุเรซิน Bio-Rad 1-X10 ในรูปของคอลไรด์ขนาด 50-100 mesh ด้วยอัตราการไหลไม่มากกว่า 1.5 ลบ.ซม. ตอนที่ นำเอาเรซินมาทำให้แห้งที่อุณหภูมิ 120 °C นาน 1-2 ชั่วโมง นำมาผสมกับ cellulose powder 1.5 กรัม แล้วอัดให้เป็นเม็ดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 นิ้ว ด้วยความดัน 60,000 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว แล้วนำไปวัด L_{α} X-ray ของพวกแรร์เอิร์ทด้วยหัววัดรังสีแบบ gas flow proportional counter โดยใช้หลอดกำเนิดรังสี X ที่มี Cr เป็น target วิธีนี้มีขีดจำกัดต่ำสุด 0.002-0.004 %

JasKolska และคณะ⁽³⁾ ได้ทำการวิเคราะห์แลนทานัมในตัวอย่างเหล็ก

โดยละลายสารตัวอย่าง 50 กรัม ด้วยกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 8 นอร์มอล จำนวน 250 ลบ.ซม. เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาสารตัวอย่างมีเนื้อสารไม่เหมือนกันทั้งก่อน และแยกเอาเหล็กและซังก่อน ๆ ออกก่อน เช่น โซเดียม โควรีซีอีเล็กโทรไลซิส (electrolysis) แล้วปรับปริมาตรให้เป็น 500 ลบ.ซม. เอาสารตัวอย่างมา 1 ลบ.ซม. ไปอาบรังสีนิวตรอนที่ความเข้มข้นของนิวตรอน 10^{14} นิวตรอนต่อตารางเซนติเมตรต่อวินาที นาน 48 ชั่วโมง ปล่อยให้สลายตัว 24 ชั่วโมง แล้วเอาสารตัวอย่างมาเขย่ากับแอนติโมนีออกไซด์ (Sb_2O_5) นำตะกอนที่ได้มาวัดด้วยหัววัด NaI (Tl) ขนาด 3 นิ้ว x 3 นิ้ว และเครื่องวิเคราะห์สัญญาณขนาด 512 ช่อง

Dogadkin และคณะ⁽⁴⁾ ได้วิเคราะห์ปริมาณซีเรียม แลนทานัม โพรแทกทีเนียม และนีโอติเมียม ในสารตัวอย่างเหล็ก โดยใช้สารตัวอย่างหนักประมาณ 200-500 มิลลิกรัม นำไปอาบรังสีนิวตรอน นาน 20 ชั่วโมง ที่ความเข้มข้นของนิวตรอนประมาณ 1.2×10^{13} นิวตรอนต่อตารางเซนติเมตรต่อวินาที และปล่อยให้แมงกานีส-56 สลายตัว 24 ชั่วโมง แล้วละลายสารตัวอย่างด้วยกรดกัตทอง (aqua regia) ใส่ตัวพาแลนทานัม 2-3 มิลลิกรัม แยกเหล็กออกด้วยไดเอทิลอีเทอร์ จากกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 6 โมลาร์ และตกตะกอนพวกแบริเออร์ในรูปของฟลูออไรด์ และไฮดรอกไซด์ ละลายตะกอนที่ได้ด้วยกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ นำสารละลายที่ได้ผ่านคอลัมน์โดยใช้ KU-2 resin ในรูปของ NH_4^+ ล้างคอลัมน์ด้วย ammonium α -hydroxyisobutirate แล้วนำสารละลายที่ได้ไปวัดด้วยหัววัด NaI (Tl) กับเครื่องวิเคราะห์สัญญาณ ขนาด 800 ช่อง โดยวัดนีโอติเมียม-147 ซีเรียม-141 แลนทานัม-140 และโพรแทกทีเนียม-142 ซึ่งวิธีนี้เหมาะสำหรับหาปริมาณของพวกแบริเออร์ที่มีปริมาณ 0.1 ส่วนในล้านส่วน ถึง 0.01 เปอร์เซ็นต์ และมีค่าสัมประสิทธิ์ของการแปรปรวน (Coefficient of variation) น้อยกว่า 14 %