การวิจัยครั้งนี้ ศึกษาผลของปฏิกิริยาไฮเดรชันของซีเมนต์จากกระบวนการเผาร่วมกับตะกรันทองแดงเป็นวัตถุดิบทดแทนในปริมาณร้อยละ 0 ถึง 3.2 โดยน้ำหนักในวัตถุดิบทั้งหมด เครื่องมือที่ใช้สำหรับวิเคราะห์ได้แก่ XRD (X-Ray Diffraction Spectrometer) SEM/EDS (Scanning Electron Microscope / Energy Dispersive X-ray Spectrometer) และ FT-IR (Fourier Transform Infrared Spectroscope) การวิเคราะห์ชนิดและปริมาณของโลหะหนักในแต่ละขั้นใช้วิธีการสกัดแยกสารประกอบโลหะหนัก (Sequential Extraction) และทำการทดสอบกำลังรับแรงอัด ตลอดจนการชะละลายโลหะหนักของมอร์ตา

ผลการศึกษาลักษณะทางเคมีของซีเมนต์เพสต์ พบว่าโลหะหนักส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของสารประกอบของเหล็กและแมงกานีสออกไซด์ ดังผลการศึกษาด้วยวิธีการสกัดแยก พบว่าโลหะหนักส่วนใหญ่จะถูกสกัดออกมาในขั้นนี้มากกว่าขั้นอื่น (ประมาณร้อยละ 20 ของสารประกอบทั้งหมด) ทั้งนี้สารประกอบโลหะหนักส่วนใหญ่อยู่ในรูปที่มีความเสถียรสูง (ร้อยละ 80 ของสารประกอบทั้งหมด) จึงมีโอกาสชะละลายออกสู่สิ่งแวดล้อมได้น้อยในสภาพแวดล้อมปกติ ส่วนนิกเกิล และวาเนเดียมพบในรูปที่มีความเสถียรต่ำ มีการชะละลายออกสู่สิ่งแวดล้อมได้ง่าย จึงเป็นโลหะที่ต้องระมัดระวังในการควบคุมไม่ให้มีปริมาณของโลหะเหล่านี้สูงเกินไปในระบบ

การเปลี่ยนแปลงของปริมาณโลหะหนักที่สูงขึ้นในปูนซีเมนต์ มีความสัมพันธ์กับการแปรผันอัตราส่วนตะกรันทองแดงเผาร่วมที่มากขึ้น แต่ผลการศึกษาลักษณะทางเคมีของซีเมนต์เพสต์พบว่าสารประกอบโลหะหนักที่มีโครงสร้างเป็นผลึกซึ่งทำการศึกษาด้วยเครื่อง XRD และพันธะของสารประกอบโลหะหนักด้วยเครื่อง FT-IR ไม่แตกต่างกันอย่างชัดเจน และผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของมอร์ตามีค่าผ่านเกณฑ์มาตรฐานของ ASTM C109/C109M–05 ผลการชะละลายโลหะหนักของมอร์ตาตามมาตรฐานประเทศไทยและ US EPA ของสหรัฐอเมริกา มีค่าต่ำกว่าค่ากำหนดของทั้งสองมาตรฐาน จากผลการศึกษาทั้งหมดทำให้สามารถสรุปได้ว่าสามารถใช้ตะกรันทองแดงเป็นวัตถุดิบทดแทนในการผลิตปูนซีเมนต์ได้ในปริมาณร้อยละ 3.2 ของน้ำหนักในวัตถุดิบทั้งหมด

This research studied hydration of cement from co-incineration process in a full-scale cement kiln using a waste, copper slag, as an alternative raw material that was utilized up to 3.2 % by weight of the raw mix. Analyses were done using X-ray Diffraction Spectrometer (XRD), Scanning Electron Microscope (SEM) combined with Energy Dispersive X-ray Spectrometer (EDS), and also by Fourier Transform Infrared Spectroscope (FT-IR). Sequential Extraction was applied to quantitatively examine partitioning of metals into fractions. Furthermore, Compressive strengths and leaching tests of cement mortars were evaluated.

The sequential extraction results showed that approximately 20% of the heavy metals were distributed in Fraction 3 (bound to iron and manganese oxides). Majority of the heavy metals (80%) mostly partitioned into Fraction 5 (residual fraction) indicating that these stable or less leachable metals had entered such phase during cement production. In contrast, Ni and V were found in readily leachable forms, suggesting that the two metals are able to leach more easily to the environment than other metals. Consequently, the amounts of these metals in raw materials need to be controlled to protect the human health and the environment.

Although the concentrations of heavy metals in the cement increased with the increasing amount of copper slag, there were no significance differences in intensities of major crystalline phases in the XRD patterns and FT-IR results of cement mortars at different replacement percentages. The compressive strengths results were satisfactory according to ASTM C109/C109M–05 and the leached metal concentrations did not exceed the limits set by the Notification of Ministry of Industry (2005) and the US regulatory Toxicity Characteristic Leaching Procedure (TCLP). Finally, the results led to a conclusion that it is possible to substitute copper slag up to 3.2 % by weight of the raw mix.