

Väitöstiedote

Väitös 24.9.2021

Metallien kierrätys piirilevystä

Väitöskirjan nimi	Experimental investigation on time-dependent recycling behaviour of WPCBs in copper flash smelting conditions
Väitöskirjan sisältö	<p>Teknologian nopean kehityksen, luonnonvarojen vähenemisen ja yhä tiukempien ympäristönormien myötä viime vuosina on kiinnitetty enemmän huomiota sähkö- ja elektroniikkaromun vastuulliseen käsittelyyn. Jätepiirilevyt ovat yksi sähkö- ja elektroniikkaromun pääkomponenteista, ja niiden osuus on 40% metallin talteenottoarvosta, joten niistä on tullut tärkeä osa kaupunkikaivostoimintaa. Niiden syöttäminen olemassa oleviin pyrometallurgisiin prosesseihin on helposti toteutettava ja tehokas tapa metallien kierrättämiseksi. Kestävän kehityksen ja kiertotalouden tavoitteiden saavuttamiseksi jätepiirilevyjen alkuaineiden termodynamiikka, kinetiikka ja jakautuminen pyrometallurgisessa prosessissa on tunnettava.</p> <p>Työn tavoite oli jätepiirilevyjen käyttäytyminen kuparin liekkisulatusprosessissa. Tutkimus tehtiin edistynllä korkean lämpötilan kuumennus-sammutustekniikalla, jota seurasi faasianalyysi elektronimikroskopilla (SEM-EDS), mikroanalyysaattorilla (EPMA) ja laserablaatio-plasmaspektrometrilla (LA-ICP-MS). Kuparin liekkisulatusprosessin olosuhteita jäljiteltiin laboratoriomittakaavassa sulattamalla kalkopyriittirikaste ja $\text{FeO}_x\text{-SiO}_2$-kuona tyypillisessä 1300 °C:n sulatuslämpötilassa sekä ilma-että argonatmosfäärissä. Seuraavaksi lisättiin jätepiirilevyn palasia näiden fyysisen ja kemiallisen käyttäytymisen seuraamiseksi. Lisäksi kaksi piirilevyalkuaineiden ryhmää (Ag, Au, Pt, Pd ja As, Sb, Bi) lisättiin erikseen sulfidisula-kuonasysteemiin. Näiden alkuaineiden käyttäytyminen ajan funktiona ja jakautumiskerroin selvitettiin ja verrattiin samalla koejärjestelyllä tutkittujen alkuaineiden (In, Sn, Ge, Te, La ja Nd) tietoihin.</p> <p>Lisäksi tutkittiin eräiden arvometallien sekä hivenaineiden (Ag, Au, Pt, Pd, As, Sb, Bi) kineettinen käyttäytyminen ja jakautumiskertoimet liekkisulatusprosessissa. Näitä voidaan käyttää piirilevyjen sisältämien jalometallien kierrätysprosessien kehityksessä sekä käytettäessä kompleksisia kuparirikasteita, joissa on korkea As-, Sb- ja Bi -pitoisuus. Lisäksi tulokset ovat välttämättömiä tietokonemallien täydentämiseksi, jotta voidaan simuloida liekkisulatusprosessia tarkemmin, mikä on tärkeää teollisen prosessin tarkemman ohjauksen ja tekoälyn kehittämiseksi.</p>
Väitöskirjan ala	Metallurgia
Väittelijä ja väittelijän yhteystiedot	Diplomi-insinööri Xingbang Wan xingban.wan@aalto.fi
Väitöksen ajankohta	24.9.2021 klo 12
Etäväitöksen osoite	https://aalto.zoom.us/j/69515632283
Paikka	Aalto-yliopiston kemian tekniikan korkeakoulu, Komppa-sali, Kemistintie 1, (sisäänkäynti Biologinkujan puolelta pääovesta), Espoo
Vastaväittäjä(t)	Dosentti Eetu-Pekka Heikkinen, Oulun Yliopisto
Valvoja	Professori Ari Jokilaakso, Aalto-yliopiston Kemian tekniikan korkeakoulu
Väitöskirjan verkko-osoite	https://aalto.doc.aalto.fi/handle/123456789/51
Avainsanat	Sähkö- ja elektroniikkaromu, metallurgia, liekkisulatus, kiertotalous

Press release

Defence on 24 Sep. 2021

Metals recycling from waste printed Circuit Board

Title of the doctoral thesis Experimental investigation on time-dependent recycling behaviour of WPCBs in copper flash smelting conditions

Content of the doctoral thesis With the rapid development of technology, the depletion of natural resources as well as increasingly stringent environmental protection requirements, growing attention has been drawn in recent years to the responsible processing of end-of-life (EoL) Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE). Waste Printed Circuit Boards (WPCBs) are one of the main components of WEEE, accounting for 40% of the total metal recovery value and they have become an important part of urban mining. Feeding WPCBs into existing pyrometallurgical processes is developing as an easy-to-adapt and efficient way to recycle them. To fulfil sustainability and circular economy targets, the thermodynamics, kinetics and distribution behaviour of WPCBs during the pyrometallurgical process are the key factors.

The aim of this study was the behaviour of WPCBs in copper flash smelting process. The kinetic data were obtained by employing advanced high temperature heating-quenching technique followed by direct phase analyses with a scanning electron microscopy-energy dispersive X-ray detector (SEM-EDS), electron microprobe (EPMA) and laser ablation with inductively coupled plasma mass spectrometer (LA-ICP-MS). The industrial copper flash smelting were simulated on laboratory scale by smelting industrial chalcopyrite concentrate and $\text{FeO}_x\text{-SiO}_2$ slag at a typical smelting temperature of 1300 °C in both air and argon atmospheres. Then pieces of WPCBs were added to this system to track their physical and chemical behaviour as a function of time. Moreover, two groups of WPCB elements (Ag, Au, Pt, Pd, and As, Sb, Bi) were separately added into the matte-slag system, and their behaviour in different phases and distribution coefficients were concluded and also compared in detail with those of In, Sn, Ge, Te, La and Nd, which were also studied in the same system.

Moreover, the kinetic data and distribution ratios of precious metals as well as minor elements (Ag, Au, Pt, Pd, As, Sb, Bi) in the flash smelting process were obtained experimentally and calculated. They can be used in process development for the WPCB precious metal recycling process and, when using complex copper concentrates with high As, Sb and Bi content. Furthermore, the results are essential for complementing simulation models of the flash smelting process more precisely, which is important for better process control and using artificial intelligence.

Field of the doctoral thesis Metallurgy

Doctoral candidate and contact information M.Sc. Xingbang Wan
xingbang.wan@aalto.fi

Defence date and time 24 September 2021 at 12 o'clock

Remote defence <https://aalto.zoom.us/j/69515632283>

Place of defence Aalto University School of Chemical Engineering, Lecture hall Ke1, Kemistintie 1, (main door at Biologinkuja) Espoo

Opponent(s) Docent, D.Sc. (Tech.) Eetu-Pekka Heikkinen, University of Oulu, Finland

Custos Professor Ari Jokilaakso, Aalto University School of Chemical Engineering

Link to electronic thesis <https://aaltodoc.aalto.fi/handle/123456789/51>

Keywords Waste electrical and electronic equipment, metallurgy, flash smelting, circular