

УДК 669.054.8

ELEKTRON CHIQINDILAR VA ULARNI QAYTA ISHLASH USULLARI TADQIQOTI

Xo'jamov Umidjon Umarkulovich

Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti

Metallurgiya kafedrası v.b. dotsenti, texnika fanlari falsafa doktori (PhD)

xujamovumid@gmail.com

ANNOTATSIYA

Elektron chiqindilar - bu barcha turdagi elektr va elektron uskunalar va ularning qismlari chiqindilari bo'lib, ular egasi tomonidan ishlatilgan va qayta foydalanish niyatisiz chiqindi sifatida tashlab yuborilgan chiqindilar hisoblanadi. Elektron chiqindilar dunyodagi eng tez o'suvchi chiqindi oqimlaridan biridir. So'nggi o'n yilliklarda shaxsiy kompyuterlar, noutbuklar va mobil telefonlarni ishlab chiqarish va qo'llash keskin oshdi, ularning xizmat muddati tugaydi va har yili tashlab yuboriladi. Elektron chiqindilar tobora ortib borayotgan ekologik muammodir, chunki maishiy elektronika butun dunyoda kundalik hayotning ajralmas qismiga aylanib bormoqda. Elektron chiqindilar rivojlanayotgan iqtisodiyotlarga nomutanosib ravishda kuchli ta'sir ko'rsatib, jamiyat va odamlar sog'lig'iga salbiy ta'sir ko'rsatadi. Maishiy elektronikaga bo'lgan talab oshgani sayin, bunday mahsulotlarning qisqaroq hayotiy sikli va past ta'mirlash qobiliyati bilan birgalikda elektron chiqindilar muammosi tobora jiddiylashib boradi. Zamonaviy elektron uskunalarning murakkabligi va bunday mahsulotlarda ishlatiladigan materiallar va texnologiyalarning keng turi tufayli, utilizatsiya ko'pincha yuqori ekologik xarajatlar bilan murakkab va qimmat vazifaga aylanadi. 2019-yilda butun dunyo bo'ylab 6 million tonna elektron chiqindilar hosil bo'lgan, ularning atigi 17,4 foizi tegishli ravishda hisobga olingan, yig'ilgan va qayta ishlangan.

Kalit so'zlar: elektron chiqindilar, plastmassalar, elektrostatik saralash, eritish, piroliz, antipiren, brom va elektrokimyoviy usul.

АННОТАЦИЯ

Электронные отходы – это отходы всех типов электрического и электронного оборудования и его частей, которые были использованы и выброшены владельцем как отходы без намерения повторного использования. Электронные отходы - один из самых быстрорастущих потоков отходов в мире. В последние десятилетия резко возросло производство и применение персональных компьютеров, ноутбуков и мобильных телефонов, срок службы которых подходит к концу и выбрасываются каждый год. Электронные

отходы представляют собой растущую экологическую проблему, поскольку бытовая электроника становится неотъемлемой частью повседневной жизни во всем мире. Электронные отходы, как их часто называют, непропорционально сильно влияют на развивающиеся экономики, оказывая неблагоприятное воздействие на общество и здоровье людей. И по мере роста спроса на бытовую электронику в сочетании с более коротким жизненным циклом и низкой ремонтпригодностью таких продуктов проблема электронных отходов будет становиться все более серьезной. Из-за сложности современного электронного оборудования и широкого спектра материалов и технологий, используемых в таких продуктах, утилизация часто оказывается сложной и дорогостоящей задачей с высокими экологическими издержками. В 2019 году во всем мире было образовано 6 миллионов метрических тонн электронных отходов, при этом только 17,4% из них были должным образом учтены, собраны и переработаны.

Ключевые слова: *электронные отходы, пластмассы, электростатическая сепарация, плавление, пиролиз, антипирен, бром и электрохимический метод.*

ABSTRACT

E-waste is waste of all types of electrical and electronic equipment and parts thereof that have been used and discarded by the owner as waste with no intention of reuse. E-waste is one of the fastest growing waste streams in the world. The production and use of personal computers, laptops, and cell phones, which are nearing the end of their useful life and are discarded every year, has increased dramatically in recent decades. E-waste is a growing environmental problem as consumer electronics become an integral part of everyday life around the world. E-waste, as it is often called, disproportionately affects developing economies, with adverse impacts on society and human health. And as the demand for consumer electronics increases, combined with the shorter lifecycle and poor repairability of such products, the problem of e-waste will become increasingly serious. Due to the complexity of modern electronic equipment and the wide range of materials and technologies used in such products, recycling is often a complex and expensive task with high environmental costs. In 2019, 6 million metric tons of e-waste was generated globally, with only 17.4% of it properly accounted for, collected and recycled.

Key words: *e-waste, plastics, electrostatic separation, melting, pyrolysis, antipyrène, bromine and electrochemical method.*

KIRISH

Elektron chiqindilar - xizmat muddati tugagan va undan ortiq foydalanish mumkin bo'lmagan elektr qurilmalari uchun ishlatiladigan nomenklatura; ular quyidagi elementlarni o'z ichiga olishi mumkin:

- Maishiy, ko'ngilochar elektronika, masalan, televizorlar, DVD-pleyerlar va kuchaytirgichlar.

- Kompyuterlar, telefonlar va mobil telefonlar, printerlar va nusxa ko'chirish apparatlari kabi ofis, axborot va kommunikatsiya texnologiyalari.

- Muzlatkichlar, kir yuvish mashinalari va mikroto'lqinli pechlar kabi maishiy texnika.

- stol lampalari kabi yoritish asboblari.

Elektr asboblari, masalan, elektrodrellar.

- Trenajyorlar va masofadan boshqariladigan avtomobillar kabi sport va ko'ngilochar uskunalari.

Butun dunyo statistikasi shuni ko'rsatadiki, juda ko'p kompyuterlar o'tmishda o'z hayot siklini tugatgan va kelajakda ham shunday bo'ladi. Yaponiyada xizmat muddatini o'tab bo'lgan kompyuterlar soni 1999-yildan 2002-yilgacha 100 foizga oshdi [1]. Xitoyda elektron chiqindilar soni 2004-yilgacha yiliga 8 foiz o'sishda davom etdi, shundan keyin esa ulkan o'sish qayd etildi. Yevropa bo'yicha raqamlar 7 million tonna elektronika chiqindilarini ko'rsatmoqda, bu har yili 3-5 foizga o'sishi kutilmoqda. Yana bir misol, Braziliyada 2011-yildagi 59 million mobil telefondan 2012-yilda 67 milliongacha o'sish kuzatilmoqda, shu ikki yil ichida 15,5 million dona shaxsiy kompyuterlar soni o'zgarmagan [2]. Ushbu raqamlar mobil telefonlarni noqonuniy olib kirishni hisobga olmagan holda, faqat rasmiy shaxs tomonidan berilgan baho hisoblanadi.

Elektr va elektron uskunalari ishlab chiqarishning tez o'sishi va keyinchalik elektr va elektron uskunalari chiqindilarini ishlab chiqarish bir qator xomashyo materiallariga ega bo'lishga bog'liq. Ularning aksariyati cheklanganligi, boshqa tarmoqlarda ishlatilishi mumkinligi va iqtisodiy ahamiyati tufayli hal qiluvchi ahamiyatga ega. Yuqori texnologiyali mahsulotlarda ishlatiladigan materiallar miqdori sezilarli darajada oshdi. Elektr va elektron uskunalari chiqindilari turli xil konsentratsiyali turli xil materiallarning murakkab aralashmasidan iborat. Zamonaviy qurilmalar 60 tagacha elementlarni o'z ichiga oladi, ularning murakkabligi turli xil birikmalar aralashmasi hisobiga oshadi [3]. Ushbu elementlar mikroprotessorlar, bosma platalar, displeylar va doimiy magnitlar ishlab chiqarishda, odatda, oz miqdorda va ko'pincha murakkab qotishmalar shaklida ishlatiladi. Chiqarib yuborilgan bosma platalar rangli metallarning muhim ikkilamchi manbai hisoblanadi.

Barcha elektr va elektron uskunalar turli o'lcham, tur va tarkibdagi bosma platalarni o'z ichiga oladi. Bu materiallar metallar, polimerlar va keramikalarning murakkab aralashmasidan iborat.

Elektr va elektron uskunalar chiqindilari tarkibida rangli metallar, nodir metallar va ishqoriy yer elementlari kabi metallarning katta miqdori mavjud. Bu metallar zamonaviy yuqori texnologiyali uskunalarda unumdorlikni oshirish uchun ishlatiladi va birgalikda texnologik metallar deb ataladi. Odatda, bosma plata mis (Cu), temir (Fe), alyuminiy (Al) va nikel (Ni) kabi metallarning juda yuqori konsentratsiyasini, shuningdek, oltin (Au), kumush (Ag), platina (Pt) va palladiy (Pd) kabi qimmatbaho metallarni o'z ichiga oladi. Bosma platalarda metallarning konsentratsiyasi tabiiy rudalarga qaraganda ancha yuqori. Elektr va elektron uskunalar chiqindilaridan metallarni ajratib olish, odatda, pirometallurgiya va gidrometallurgiya usullari bilan amalga oshiriladi, ular o'z kamchiliklari va cheklovlariga ega. Elektr va elektron uskunalar chiqindilarini qayta ishlash zavodida ishlov berilgandan keyingi bosma platalarning tarkibi 38,1% qora metallar, 16,5% rangli metallar, 26,5% plastik va 18,9% boshqa materiallarni o'z ichiga oladi. Nodir metallar ikkilamchi qayta ishlashning asosiy manbai hisoblanadi, ya'ni Au eng yuqori tiklanish ustuvorligiga ega, undan keyin mis (Cu), palladiy (Pd), alyuminiy (Al), qalay (Sn), qo'rg'oshin (Pb), platina (Pt), nikel (Ni), rux (Zn) va kumush (Ag) keladi. Boshqa tomondan, bosma platalarda nodir metallar konsentratsiyasining pasayishi tufayli qolgan metallarning miqdori ortadi [4].

ADABIYOTLAR TAHLILI VA METODLAR

Ushbu maqolada joriy elektron chiqindilarni qayta ishlash usullari haqida umumiy ma'lumot berilgan. Shuningdek elektron chiqindilarni qayta ishlash uchun rivojlangan va rivojlanayotgan mamlakatlarda mavjud bo'lgan texnologiyalarning to'liq ko'rinishini taqdim etilgan. Tadqiqotchi tomonidan qabul qilingan qamrovni o'rganish metodologiyasi jarayonning makro va mikro istiqbollari va iqtisodiy maqsadga muvofiqligi nuqtai nazaridan muvozanatli ko'rinishni ta'minlash uchun mo'ljallangan mustahkamlik omilini o'z ichiga oladi va ishonchli o'sish ma'lumotlari va prognozlariga asoslanadi.

Elektrostatik saralash. Elektrostatik separatsiyadan turli elektr o'tkazuvchanlikka ega bo'lgan materiallarni saralashda foydalanish mumkin. Separatsiyaning quyidagi turlari mavjud: tojning elektrostatik separatsiyasi, triboelektrik separatsiya va uyurmaviy separatsiya. Ko'pikli flotatsiya metall va metallmas komponentlarni ajratish uchun zarrachalarning tabiiy gidrofobligidan foydalanadi. Qimmatbaho bo'lmagan metallar uchun metallarni ajratib olish koeffitsiyenti 95% bo'lgan bosma platalarning o'lchamlarini kamaytirish orqali

zarrachalarga muvaffaqiyatli ishlov berishi ko'rsatildi. Bu jarayon misni ajratib olish uchun samarali bo'lsa-da, u oltinning 24,5% gacha yo'qotilishiga olib kelishi mumkin [5].

Yuqori haroratda qayta ishlash. Eritish hozirgi vaqtda eng yaxshi mavjud sanoat texnologiyasi bo'lib, Yevropada elektron va elektr uskunalari chiqindilarini qayta ishlash bo'yicha bir nechta zavodlar allaqachon ishlamoqda. Boliden Ltd mis eritish zavodida, Ronnskar Shvetsiyada ishlatilgan bosma platalar Cu, Zn, Ag, Au, Ni, Pd, Se ni ajratib olish uchun to'g'ridan-to'g'ri mis eritish konverteriga beriladi. Belgiyaning Xoboken shahridagi Umicore birlashgan metallurgiya va tozalash zavodida bosma platalar avval IsaSmelt pechlarida qimmatbaho metallarni ajratib olish uchun qayta ishlanadi. Keyinchalik u gidrometallurgik jarayonlar va elektroliz yordamida tozalanadi.

Eritishning kamchiliklari yuqori energiya sarfi, atrof-muhitga kuchli ta'siri va ayrim metallarga nisbatan past selektivlik hisoblanadi. Metallurgiya zavodlari uzoq vaqt davomida xavfli SO₂ va zaharli og'ir metallarning muhim manbalari hisoblangan. Birlamchi rudalardan olingan bir tonna misga ikki tonna SO₂ tutun gazlari bilan birga chiqariladi. Bundan tashqari, mavjud yong'indan himoyalovchi moddalar tufayli dioksinlar va boshqa gazsimon chiqindilarning hosil bo'lishi keng tarqalgan. Bundan tashqari, elektron va elektr uskunalari chiqindilarining ko'plab turlari issiqlik berish qobiliyatining pastligi sababli suyuqlantirish jarayonida to'g'ridan-to'g'ri qayta ishlash uchun mos kelmaydi.

Piroliz va gazlashtirish. Odatdagi yondirish kabi piroliz ham elektron va elektr uskunalari chiqindilarining organik fraksiyasiga qaratilgan. Ishlatilgan bosma platalarni inert gazlar ishtirokida 700°C gacha oshirilgan haroratlarda piroliz qilish 23% moy, 5% gaz va 70% metall miqdori yuqori bo'lgan qoldiqni beradi. Shunday qilib, chiqarilgan SK-panellar 700°C haroratda keramik pechlarda piroliz qilinadi va organik moddalarga boy bo'lgan piroliz moyi va gaziga aylanadi, suyuq kristallar esa olib tashlanadi. Biroq, bu usul katta energiya va reagentlar sarfi bilan bog'liq katta xarajatlar tufayli kam samarali hisoblanadi. Bundan tashqari, piroliz potensial xavfli usul hisoblanadi, chunki yonish paytida yuqori haroratda zaharli birikmalar hosil bo'ladi [6].

Elektrokimyoviy usullardan foydalangan holda elektron va elektr uskunalari chiqindilaridan metallarni ajratib olishning bevosita va bilvosita strategiyalari tadqiq qilindi. Oksidlanish-qaytarilish reaksiyalarida metallarni oksidlash va qaytarishda, ularni chiqindilardan ajratib olishda elektr tokidan foydalanish mumkin. Ba'zi olimlar elektrod turi, tok zichligi va ta'sir vaqtining jarayon samaradorligiga ta'sirini o'rganganlar. Mobil telefonlarning maydalangan

bosma platalari nitrat- xlorid kislota bilan tanlab eritilgan va 6 A/dm^2 tok zichligida elektroliz qilingan, 93% eritilgan Cu (5g/l) 90 daqiqadan so'ng elektr cho'ktirilgan. Katod bilan ilashish yo'qolganligi sababli katod o'lchamini kattalashtirish tavsiya qilingan. Boshqa olimlar xlorning anod hosil bo'lishiga qarshi ta'sir ko'rsatuvchi reaksiya sifatida elektr hosil qilgan xlordan metallarni tanlab eritish va keyinchalik grafitdan yasalgan katodda metallarni elektr bilan cho'ktirish uchun foydalanishgan. Fogarasi va boshqa olimlar tomonidan elektron va elektr uskunalari chiqindi filtratidan rekuperatsiyani ikki xil elektrokimyoviy usullarda qiyosiy ekologik baholash amalga oshirilgan. Ikkala elektrokimyoviy jarayon ham bosma platalar chiqindilaridan misni eritishni va bir vaqtning o'zida olingan tanlab eritish eritmasidan katodli elektr cho'ktirishni o'z ichiga olgan. Birinchi jarayonda sulfatli muhitda to'g'ridan to'g'ri elektrokimyoviy oksidlashdan foydalanilgan bo'lsa, ikkinchi jarayonda Cu ning erishi xloridli muhitda $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$ oksidlanish-qaytarilish bug'ining bilvosita elektrokimyoviy oksidlanishi orqali sodir bo'lgan. Oxirgi jarayon atrof-muhitga kamroq ta'sir ko'rsatishi aniqlangan, chunki regeneratsiyalangan $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$ eritmasidan yangi reagent qo'shmasdan keyingi ishlov berish uchun foydalanish mumkin sanaladi [7].

Yaroqlilik muddati tugagan elektron mahsulotlar nafaqat sog'liq uchun xavfli, balki daromad keltirishi mumkinligi sababli, bu elektron chiqindilarni boshqa maishiy chiqindilar bilan birga utilizatsiya qilmaslik uchun rag'batlantiruvchi omil bo'lishi mumkin. Elektron chiqindilarni uloqtirmaslik kerakligi haqida keng jamoatchilikning xabardorligini oshirish kerak. Shuningdek, har bir shahar va qishloqda elektron chiqindilarni yig'ish punktlari tashkil etilishi kerak. Shundagina ham iqtisodiy, ham ekologik jihatdan samarali natijaga erishish mumkinligini ta'kidlash lozim.

ADABIYOTLAR RO'YXATI

1. Самадов А.У., Хужамов У.У. Бурунов А.Б. Исследование технологии переработки электронного лома // Научный журнал Universum: Технические науки 2021. - № 10(91) - Москва.
2. Самадов А.У., Усманов Ш.А., Хужамов У.У. Электронный лом как дополнительный источник получения цветных металлов // X Международная научно-практическая конференция «Проблемы, перспективы и инновационный подход эффективной переработки минерального сырья и техногенных отходов» - 2021. - Алмалык.
3. Погосян А.Т. Разработка оптимальной технико-экономической структуры переработки электронного лома: автореф. дис. канд. техн. наук / А.Т. Погосян.. - Москва, 2007. - 24 с.

4. Самадов А.У., Хужамов У.У. Анализ способов переработки электронного лома // Научный журнал *Universum: Технические науки* 2023. - № 1-2(106) - Москва.
5. А.У. Самадов, Н.Б. Хужакулов, А.Р. Арипов, У.У. Хужамов Гидрометаллургик заводларнинг чиқинди омборини геотехнологик тадқиқоти методологияси // Ўзбекистон кончилиқ хабарномаси. – Навоий, 2019.
6. А.А. Саидахмедов, А.С. Хасанов, У.У. Хужамов Исследование интенсификации процесса фильтрации растворов выщелачивания при переработке техногенных отходов // *Universum: технические науки*, 2020.
7. Р.А. Хамидов, У.У. Хужамов, Т.Т. Сирожов, Ш.Н. Туробов Исследования эффективной технологии извлечения цветных металлов из электронного лома // XI International correspondence scientific specialized conference «International scientific review of the technical sciences, mathematics and computer science» Бостон, 12-13 февраль, 2019.