

Anna Kochmanová, Andrea Miškufová, Technická univerzita v Košiciach Hutnícka fakulta, Katedra neželezných kovov a spracovania odpadov

SÚČASNOSŤ A BUDÚCNOSŤ SPRACOVANIA OBRAZOVIEK A LUMINOFOROV: 2. ČASŤ

Prvá časť tohto príspevku (uverejnená v časopise *Odpady*, 10/2008, 8. roč.) sa venovala obecne problematike OEEZ, a to najmä obrazovkám a monitorom s ohľadom na ich výskyt, celkové zloženie a obsah luminiscenčnej vrstvy. Taktiež sa popísali princípy fungovania vybraných zobrazovacích technológií (CRT, LCD, PDP a OLED) a príklady zloženia luminoforov v týchto technológiách.

Táto časť príspevku sa zamerala na možnosti spracovania súčasných aj budúcich technológií a na návrh schémy možného spoločného spracovania viacerých druhov OEEZ. V tejto práci sa bližšie popíšu jestvujúce spôsoby spracovania CRT a možné spôsoby spracovania LCD obrazoviek. No nezabúda sa ani na stále populárnejšie plazmové obrazovky (PDP), aj keď sa im z dôvodu nízkeho výskytu v podobe OEEZ v súčasnosti nevenuje z hľadiska spracovania zvýšená pozornosť a chýbajú informácie. Ide napríklad o pokusy rezať PDP ako CRT, kde sa ako problém javí veľkosť uhlopriečky plaziem - sú totiž väčšie ako existujúce zariadenia na rezanie. Čo sa týka OLED displejov, tieto sú na trhu zatiaľ len ako malé zobrazovacie jednotky v MP3 prehrávačoch, mobilných telefónoch a pod. a s metódami ich recyklácie sa pravdepodobne čaká na to, kedy budú uvedené na trh v podobe televíznych prijímačov.

1. SPRACOVANIE CRT MONITOROV A TELEVÍZNYCH PRIJÍMAČOV

Nižšie uvedené postupy spracovania CRT nie sú vo sfére recyklácie žiadnou novinkou. Sú to procesy, ktoré sa používajú už niekoľko rokov, a práve v tejto časti príspevku je uvedený prehľad týchto technológií spracovania CRT. Napriek tomu, že materiálová recyklácia CRT použitím týchto technológií spracovania nie je dokonalá, využívajú ich firmy na celom svete, napr. METEC (Matsushita Eco Technology Center) so sídlom v Japonsku a RMD Technologies, Inc. v USA. Na Slovensku sa touto problematikou zaoberá viacero firiem, napr. V.O.D.S., a. s., Košice, Peter Bolek - EKORAY, Námestovo a ELEKTRO RECYCLING, s. r. o, Banská Bystrica.

Súčasná situácia spracovania CRT spočíva v ručnej demontáži zariadenia, zavzdušnenia obrazovky, oddelení dvoch druhov skiel obrazovky, odstránení luminoforu a následnej separácii rôznych druhov materiálov získaných týmito procesmi (Obr. 1).

Aby bolo možné v CRT obrazovke presne oddeliť tienidlovú a kónusovú časť diamantovým kotúčom, je potrebné priložiť tienidlo na prisavku a zaistiť ho posuvným fixačným puzdrom. Po aktivácii prisavky je možné odstrániť antiimplózný rámček, nastaviť požadovanú rovinu rezu a diamantovým kotúčom oddeliť obe časti obrazovky. Potom je možné sňať kónusovú časť obrazovky, odstrániť kovovú masku (farebné obrazovky) a špeciálnym odsávačom jednoducho odstrániť luminofor z tienidla. Brúskou a špeciálnou kefkou sa odstráni hliníkový rámček. Takto očistené tienidlo je pripravené na ďalšie spracovanie [1].

Kónusovú časť CRT obrazovky od tienidlovej je možné oddeliť (okrem rezania) aj pukáním. Pri metóde pukania sa v mieste spoja oboch častí obrazovka nareže vrypovacím nožom alebo laserom, pričom narezanie musí byť realizované v presnom mieste obrazovky. Do línie vrypu sa umiestnia zahrievacie pásy a podľa veľkosti a typu obrazovky je počítačom nastavená teplota a doba zahrievania. Pôsobením zahrievacích pásov vo vrype obrazovka pukne [2]. Po oddelení týchto dvoch častí obrazovky nasleduje samotné odstránenie luminoforu.

Ukázalo sa, že rezanie diamantovým kotúčom je z ekonomického hľadiska menej náročné ako pukanie. Výkonnosť oboch týchto zariadení určených na delenie CRT obrazoviek je približne rovnaká.

Aktuálne sa (vo svete aj na Slovensku) používajú dve metódy odstraňovania luminiscenčnej vrstvy, a to:

- suchou a
- mokrou cestou.

Obidva tieto spôsoby sú podobné, lišia sa však spôsobom odstránenia luminoforu, ktorý dal týmto metódam aj názov. Ak sa luminofor vyplachuje v špeciálnom zariadení, ide o **mokrý spôsob** a produktom je kal luminoforu. Ak sa luminofor odsáva, tak ide o **spôsob suchý**, produktom je luminoforný prach.



Obr. 1 Proces demontáže a odstránenia luminoforu CRT obrazovky [3]

1.1. MATERIÁLY ZÍSKANÉ ZO SPRACOVANIA CRT OBRAZOVIEK

Pri spracovaní CRT môžeme získať rôzne využiteľné materiály. Ide najmä o sklo, plasty (zahŕňajúce dosky plošných spojov, káble a kryt zariadenia), zliatiny železa a rôzne neželezné kovy.

Využitie skla z CRT

V skle z CRT rozoznávame jeho tri základné časti:

- tienidlové sklo - prednú, voľným okom viditeľnú časť obrazovky, tvorenú predovšetkým zo skla s obsahom oxidov bária (do 14 hm. %) a oxidov stroncia (do 12 hm. %);

- kónusové sklo - ukryté v zadnej časti obrazoviek s obsahom až 25 % oxidov olova a
- sklo lemujúce časť tzv. elektrónového dela v zadnej časti kónickej obrazovky (tzv. "neck" sklo) s obsahom až 40 % oxidov olova [4].

Zloženie skla obrazovky je naznačené v Tab. 1.

Tab. 1 Zloženie skla farebných obrazoviek [2]

ZLOŽENIE	PODIEL [%]	
	SKLO TIENIDLA	SKLO KÓNUSU
SiO ₂	60.0-64.0	50.3-63.8
PbO	0.0-2.8	11.0-23.1
Na ₂ O	7.3-9.3	5.3-8.3
K ₂ O	6.8-8.2	8.1-10.3
MgO	0.2-1.7	1.0-2.4
CaO	0.9-4.3	1.9-3.8
SiO	0.2-10.1	0.1-0.6
BaO	2.2-12.9	0.1-3.7
Al ₂ O ₃	2.0-3.3	1.6-4.3
ZrO ₂	0.0-1.8	0.0

V súčasnosti existuje niekoľko spôsobov, či už viac alebo menej efektívneho využitia vyseparovaných a od nežiaducich prímies očistených častí CRT skiel. Nie každá metóda spracovania je vhodná pre obidva druhy skla. Inak sa využíva a spracúva kónusová a inak tienidlová časť v závislosti od obsahu olova.

K možnostiam využitia bezolovnatého skla patrí momentálne už aj veľmi málo používaný spôsob, a to využitie CRT skla priamo vo výrobe nového CRT skla, ďalej je to výroba tehál a obkladáčiek, výroba tzv. "penového skla" známeho aj ako celulárne sklo. Tento druh CRT skla je možné využiť aj ako náhradu pri výrobe betónov a ako tavidlo pri výrobe keramiky a pri výrobe brikiet.

Čo sa týka možnosti využitia olovnatého CRT skla, nie je ich toľko ako pri bezolovnatom skle. Možnosti zhodnocovania olovnatého skla je podľa všetkého potrebné hľadať predovšetkým v oblastiach metalurgického a sklo-keramického priemyslu. Sklo kónusu sa využíva v procesoch tavenia Cu alebo Pb ako tavidlo, ktoré sa viaže s nečistotami a tvorí tzv. kvapalnú kal.

Pre všetky možnosti využitia CRT skla sa robili rôzne testy, ktoré zisťovali škodlivosť výrobkov z CRT skla. Zistilo sa, že tento materiál nie je v danej úprave toxický a môže byť efektívne využitý.

Využitie plastov z CRT obrazoviek

Miniatúrna veľkosť a stále rastúce zapracovanie plastov do EEZ (s mnohými malými komponentmi kombinujúcimi plasty, kovy a sklo) výrazne komplikuje spôsob nakladania s niektorými druhmi plastových odpadov. Avšak, v súčasnosti existuje niekoľko

spôsobov na opätovné využitie plastov z OEEZ (napr. alternatívne palivá, priame energetické využitie, výroba plastových produktov a pod.).

V podmienkach SR je častou metódou zhodnocovania plastov zo spracovania OEEZ ich spaľovanie s energetickým využitím, hoci aj zneškodňovanie plastov na skládkach odpadov má na Slovensku stále svoje miesto.

Okrem energetického zhodnotenia je možné aj materiálové využitie plastov, a to pri výrobe stavebných kompozitov alebo pri výrobe záhradného nábytku (stoličky, stoly, lavičky). Zároveň je potrebné povedať, že pri samotnom spracovaní plastov a výrobe stavebných hmôt na báze plastových kompozitov nevzniká žiadne riziko potenciálnej tvorby dioxínov. Navyše, prítomnosť retardérov horenia v týchto plastoch vylepšuje požiaro-bezpečnostné parametre stavebných hmôt oproti "konkurenčnej" skupine stavebných hmôt zhotovených na báze pilín, polystyrénu a pod [4].

Okrem možnosti spracovania už vyrobených a použitých plastov je tu aj možnosť predchádzania ich vzniku v podobe nových materiálov. Napríklad, na telo notebookov sa používajú plasty vyrobené z ropy. Tie sa dajú úspešne nahradiť biodegradovateľnými plastmi vyrobenými napríklad z kukurice, ktoré potrebujú oveľa menej ropy a energie na svoju výrobu a po skončení životnosti notebooku sú plne odbúrateľné - prakticky ich stačí zakopať do zeme [5].

Využitie zliatin železa, neželezných kovov a elektrosúčiastok

So získaním železa ani s jeho odbytom nie je prakticky žiadny problém. Získava sa ručnou demontážou pomocou pneumatického alebo elektrického náradia. Následne je triedené podľa kategórií a dodávané firmám vykupujúcim kovy alebo pri väčších množstvách priamo do metalurgických závodov.

Neželezné kovy (hliník, meď, bronz, mosadz) sa v kusovej forme získavajú ručnou demontážou, triedia sa a dodávajú do metalurgických závodov.

Elektrosúčiastky (káble, motory, transformátory, konektory, relé, dosky plošných spojov atď.) tvoria skupinu, ktorá je pre spracovateľov najzaujímavejšia. Jednotlivé druhy sa najprv ručne triedia a následne fyzikálne upravujú (šredre, nožové mlyny, separátory) tak, aby sa oddelili čisté neželezné kovy, plasty a materiály s obsahom drahých kovov. Podľa koncentrácie drahých kovov sa tieto materiály ďalej spracúvajú pyrometalurgicky (metalurgické závody na výrobu medi alebo olova) alebo hydrometalurgicky [6].

K materiálom získaným zo spracovania CRT patrí nepochybne aj luminiscenčná vrstva, a práve trendom jej spracovania do budúcnosti je venovaná samostatná časť tohto príspevku.

2. SPRACOVANIE LCD MONITOROV A TELEVÍZNYCH PRIJÍMAČOV

LCD patrí medzi zobrazovacie technológie, ktoré pomaly vytlačujú z trhu a domácností staršie CRT modely. Práve preto sa poslednej dobe dostávajú do popredia úvahy autorizovaných

firiem o možnostiach ich spracovania, no napriek snahám o materiálovú recykláciu, najbežnejším spôsobom nakladania s LCD je stále zneškodňovanie týchto panelov.

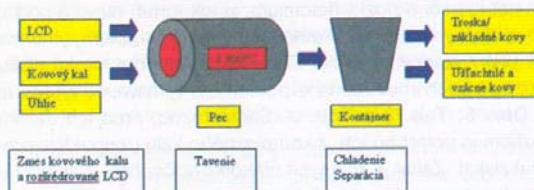
Hoci na trhu existujú mnohí výrobcovia a rôzne rozdielne typy zariadení, charakteristiky, dôležité pre demontáž, sú pri všetkých typoch LCD podobné. Okolo 90 % LCD používa jednotku podsvietenia, ktorá reprezentuje takmer 2 % celkovej hmotnosti LCD. Ak táto nie je odstránená, s celou obrazovkou sa zaobchádza ako s nebezpečným odpadom, a to kvôli obsahu napr. ortuti, arzenu, gália. Z tohto dôvodu je potrebné nájdenie čo najlacnejšej technológie na demontáž jednotky podsvietenia. Zvyšných 98 % by sa po odstránení jednotky podsvietenia mohlo spracovať bez väčších problémov napr. v drviči (štrdi) na OEEZ.

Riešenie tohto problému nestagnuje, čo potvrdzujú aj niektoré výskumné práce. Jedna z výskumných prác sa zaoberala práve nájdením najvhodnejšej technológie na oddelenie jednotky podsvietenia. Táto práca zahŕňala vyskúšanie niekoľkých metód: ručná demontáž, rezanie vodným lúčom, rezanie laserom a kotúčovou pilou. Hoci je možné aplikovať spracovateľské technológie využívajúce rôzne nástroje, najlepšie výsledky však boli dosiahnuté ručnou demontážou. Investičné náklady na rezanie lúčom a laserom sú obzvlášť vysoké, a to najmä pre nízke objemy odpadu. Pri väčších objemoch tohto odpadu však môže rezanie laserom konkurovať ručnej demontáži.

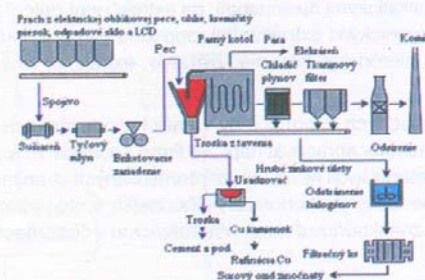
Čo sa týka piliacich technológií ako kotúčová alebo remeňová píla, tie by kvôli materiálovému zloženiu LCD neboli efektívne. Hoci je k dispozícii široká škála špeciálne navrhnutých rezačích ostrí, žiadne nezodpovedá všetkým požiadavkám, ktoré sú potrebné pre rezanie LCD panelov. Krátka životnosť piliaceho náradia by mala za následok veľmi vysoké prevádzkové náklady. Preto pílenie nemôže byť nikdy súperom ručnej demontáži.

Sú známe prípady, že niektorí výrobcovia LCD obraziek vzali do úvahy požiadavku na demontáž. Niektoré zistenia hovoria o tom, že už 40 % LCD panelov je navrhovaných pomere ústretovo, čo sa týka demontáže. V očakávaní rastúceho množstva takto konštruovaných LCD panelov by sa v budúcnosti mala ručná demontáž stať ešte efektívnejšou. Hodnota nad 60 % zredukuje priemernú dobu ručnej demontáže do 1.4 min. Doba demontáže 1.4 min. na panel spravi z tejto metódy technológiu preferovanú pred inými technológiami dokonca aj v krajinách s vysokými nákladmi na ľudskú prácu, čo riešenie problému spracovania LCD posunie trochu dopredu [7].

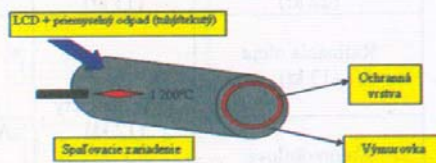
Možnosťou recyklácie LCD sa zaoberala aj firma Merck & Co., Inc., USA, ktorej činnosť okrem iného zahŕňa aj výrobu tekutých kryštálov obsiahnutých v LCD obrazovkách. Táto firma navrhla dva spôsoby spracovania LCD. Prvý spôsob zahŕňa využitie LCD panelov v metalurgických procesoch, ktoré sú znázornené na Obr. 2 a Obr. 3. Tu sa LCD sklo využíva ako náhrada taviaceho piesku a LCD fólia ako redukčné činidlo namiesto uhlíka. Efektom takto využitého LCD je separácia vzácnych, ušľachtilých a základných kovov a získanie ZnO z odpadov. Druhou možnosťou je použitie LCD namiesto materiálov obsahujúcich kremík. V tomto prípade LCD môže tvoriť ochrannú výmurovku pred agresívnymi produktmi v spaľovacích zariadeniach, čo je zrejme z Obr. 4 [8].



Obr. 2 Schéma využitia LCD ako suroviny v procesoch výroby kovov [8]



Obr. 3 Príklad využitia LCD pri získavaní ZnO z odpadov [9]



Obr. 4 Využitie LCD ako ochrannej vrstvy výmurovky v spaľovacích zariadeniach [8]

Je ťažké predpokladať, ktorým smerom sa bude proces recyklácie LCD vyvíjať v budúcnosti, lebo producenti stále viac a viac používajú jednotku podsvietenia bez ortuti. Táto nemusí byť odstránená a celé zariadenie môže byť recyklované ako "normálne" OEEZ. Avšak v LCD sa nachádzajú aj iné nebezpečné látky (napr. chróm) a látky, ktorých toxicita zatiaľ nie je známa. Okrem toho sú tu neustále snahy o nájdenie prijateľného spôsobu materiálovej recyklácie displejov obsahujúcich tekuté kryštály.

3. SPRACOVANIE LUMINISCENČNEJ VRSTVY Z VYRADENÝCH OBRAZOVIEK

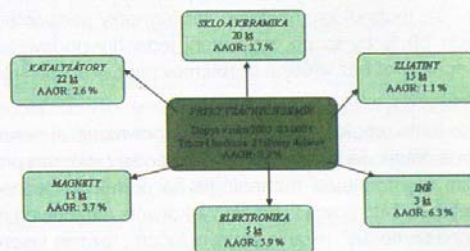
Luminiscenčná vrstva patrí k najtoxickejším súčasťam CRT obrazovky, o čom svedčí zistenie, že Armáda Spojených štátov amerických má vo svojich príručkách nasledovnú zmienku o tejto súčasti obrazoviek: "NIKDY nechyťaj luminofor, z CRT, je extrémne toxický. Keď rozbiješ CRT, veľmi starostlivo vyčisti úlomky skla. Keď sa už toho luminoforu dotkneš, okamžite vyhľadaj lekársku pomoc" [10]. Avšak luminofor neobsahuje

len nebezpečné zložky (kadmium, zinok, ortuť, olovo a pod.), ale aj zložky využiteľné. Patria k nim napr. európium, ytrium a iné prvky vzácnych zemin. Tieto majú pomerne širokú škálu využitia a aj ich trhová cena je pomerne zaujímavá, čo vyplýva aj z Obr. 5, Tab. 2 a Tab. 3. Samozrejme, pred ich ďalším využitím je potrebné ich z komplexného kalu (respektive práchu) získať. Zatiaľ je známych niekoľko spôsobov. Získaný luminofor sa spracúva chemickými postupmi. Najpoužívanejšou metódou je extrakcia lantanoidov (najmä Eu, Tb a Y) pomocou ich šfaveľanov. Je to metóda vhodná hlavne pre červenú časť luminoforu (napr. $Y_2O_3:Eu$ a $Gd_2O_3:Eu$). Rozšírenou metódou je extrakcia oxidov lantánu, európie, gadolína a ytria z luminoforu vylúhovaním roztokom NaOH. Ďalšie metódy sa zakladajú na tavení alkalickými dusičnanmi, na extrakčnom delení agresívnymi organickými extraktantmi, prípadne na použití kombinovaných metód (vylúhovanie, zrážanie, extrakcia, žihanie a iné) [2].

Podľa posledných informácií by v našich podmienkach bolo možné luminofor spracovať napr. vo firme Aquatest, a. s., ČR, čo však doteraz kvôli nezáujmu zainteresovaných strán nebolo realizované. Zatiaľ je ekonomicky výhodnejšie tento nebezpečný odpad zneškodňovať napr. neutralizáciou v čistiarňach od-

padových vôd a umiestňovať na skládky nebezpečných odpadov. Otázkou však je dokedy.

Jedným z problémov spracovania luminoforu je aj jeho pomerne malé množstvo, ktoré je možné zvýšiť spojením spracovania luminoforu z CRT s luminoforom nachádzajúcim sa v iných druhoch OEEZ. Ako vhodnými sa javia napríklad fluorescenčné lampy (žiarivky), z ktorých niektoré typy môžu obsahovať najmä európium v podobe $Eu^{+3}:Y_2O_3$ a terbium ako Tb^{3+} . Do úvahy prichádzajú aj žiarivky z jednotky podsvietenia v LCD.



Obr. 5 Prvky vzácnych zemin - ich využitie, vyťažené množstvá v roku 2003 a miera priemerného ročného nárastu (AAGR) [11]

Tab. 2 Možnosti aplikácie prvkov vzácnych zemin [11]

KATALYZÁTORY (22 kt)	MAGNETY (13 kt)	KERAMIKA (20 kt)	ELEKTRONIKA (5 kt)	INÉ (3.3 kt)
Rafinácia oleja (13 kt)	NIB magnety (12 kt)	Leštenie (8.8 kt)	Displeje (2.1 kt)	Vodík absorbujúce zliatiny v NiMH batériách (2.1 kt)
Automobilové katalyzátory (8 kt)		Aditíva do skla (6.7 kt)	Optické vlákna (1.5 kt)	Chemický priemysel (0.5 kt)
		Keramika v elektronike (2.6 kt)	Luminiscenčné činnidlá (0.4 kt)	Supravodiče, palivové články

Tab. 3 Priemerné ceny prvkov vzácnych zemin v oxidickej forme [11]

OXID	CENA, \$/kg
Cér	19.2
Dysprózium	120
Erbium	155
Európium	990
Gadolínium	130
Holmium	440
Lantán	23
Lutécium	3 500
Neodým	285
Prazeodým	36.8

Skandium	6 000
Terbium	535
Túlium	2 300
Ytrium	88

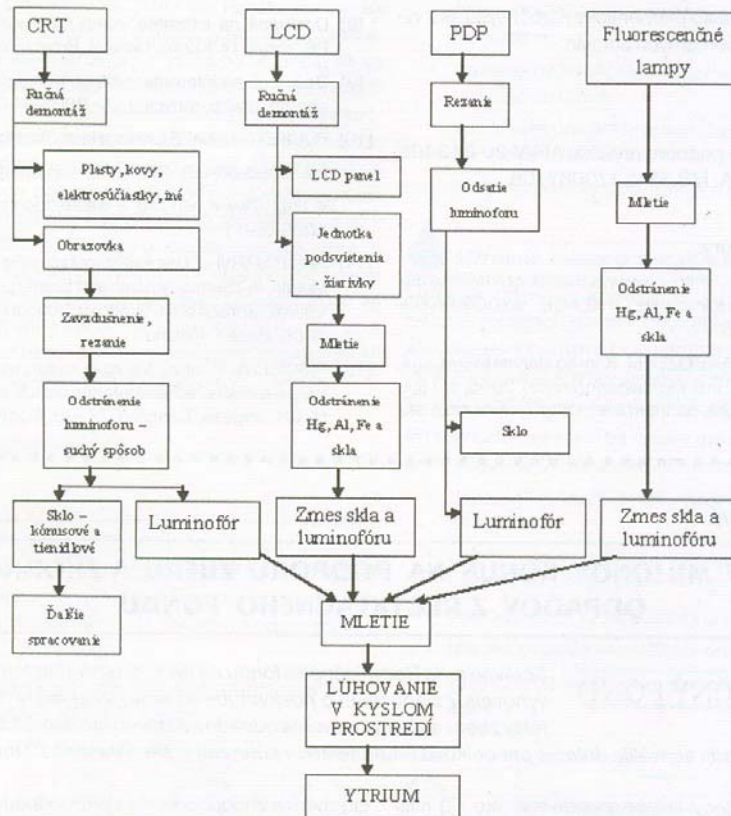
Skúmala sa možnosť získania ytria z luminoforneho prášku odsatého zo spomínaných fluorescenčných lmp napríklad mechanicko-chemickými spôsobmi. Prášok bol podrobený suchému a mokrému mletiu v planetárnom guľovom mlyne s rôznymi podmienkami rýchlosti, doby mletia a zmeny rotácie. Špeciálnymi metódami sa zistilo, že mletie mení štruktúru ytria. Pôvodný a mletý prášok luminoforu sa následne lúhoval v rôznych kyselinách a sledovala sa kinetika procesu lúhovania. Výsledky ukázali, že suché mletie prášku po dobu 30 minút pri 600 otáčkach za minútu postačuje na 100% extrakciu ytria po 30 minútach lúhovania pri 30°C. Precipitáciou sa následne získalo 75% ytria [12].

Na základe analýzy študovanej problematiky a úvah sa dospelo k návrhu nasledovnej schémy možného spracovania luminoforu z CRT, LCD, PDP a fluorescenčných lampa, ktorá je znázornená na Obr. 6. Hlavným predpokladom na realizáciu tohto návrhu je podobné zloženie luminoforu v jednotlivých zariadeniach určených na spracovanie. Samozrejme, pri takomto spracovaní je potrebné dbať aj na environmentálne prijateľné odstránenie nebezpečných látok, ako sú kadmium, ortuť a pod. a na tento účel využiť vhodné metódy (napr. destilácia).

Z takto získaného a znásobeného množstva luminoforu by bolo možné získať okrem ytria aj iné zložky, napr. európium, támarium a podobne.

V neposlednom rade je nutné poznamenať, že táto zjednodušená schéma je len ideovým návrhom spracovania. Avšak táto schéma zahŕňa také množstvo operácií, že konkrétne riešenie jednotlivých krokov bude potrebné s precíznosťou ďalej študovať a následne určiť, či je možné tento teoretický návrh previesť aj do praxe.

Pre účely získania prvkov vzácnych zemín z luminoforu by možno postačovalo ich spracovanie v závodoch, ktoré sa zaoberajú získavaním týchto prvkov z primárnych surovín alebo aj vo firmách, ktoré sa zaoberajú spracovaním odpadov podobného zloženia. Keďže prvky vzácnych zemín majú pomerne široké uplatnenie (katalyzátory, magnety, batérie atď.), ich recykláciou by sa mohli šetriť primárne zdroje.



Obr. 6 Návrh schémy možného spracovania luminoforu z CRT, LCD, PDP a fluorescenčných lampa

4. ZÁVER

Snahou oboch častí príspevku bolo zmapovať najvyužívanejšie zobrazovacie technológie súčasnosti, princípy ich fungovania a zloženie, no najmä poukázať na skutočnosť, že obrazovky, okrem lukratívnych súčastí (Au, Ag, Cu, Al, Fe) obsahujú aj súčasti, ktorých spracovanie sa zdokonaľuje len v poslednej dobe (sklo - výroba obkladačiek, plasty - výroba plastobetónov), a súčasti, napr. luminofor, ktoré na svoje využitie ešte len čakajú. Zatiaľ sa luminofor, napriek obsahu využiteľných látok (10 % Eu a 2-3 % Y), ukladá na skládky nebezpečných odpadov. Nezáujem o spracovanie tohto nebezpečného (zatiaľ) od-

padu môžeme prisúdiť najmä jeho pomerne nízkemu množstvu (cca 3.4 g v jednom TV).

Keby sme sa však pokúsili zistiť všetky množstvá luminoforu, či už z vyradených CRT obrazoviek, fluorescenčných lampa alebo jednotiek podsvietenia z LCD, ktoré sa ročne v spracovateľských firmách klasifikujú ako nebezpečný odpad, možno by sme boli prekvapení, koľko tohto druhu odpadu sa na Slovensku nachádza. V Slovenskej republike je napríklad 12 firiem, ktoré majú autorizáciu na spracovanie obrazoviek, 5 firiem s autorizáciou na spracovanie svetelných zdrojov a z toho sú 3 firmy (ARGUSS, s. r. o., Bratislava; ELEKTRO RECYCLING,

s. r. o., Banská Bystrica a ENZO-VERONIKA-VES, a. s., Dežerice), ktoré majú autorizáciu na spracovanie oboch z týchto druhov odpadov, čo by ich mohlo predurčiť k spolupráci a následnému spracovaniu spomínaných odpadov vhodnou technológiou.

Ďalším aspektom, na ktorý by bolo potrebné upozorniť, je fakt, že aj napriek obmedzovaniu používania nebezpečných látok, akými sú ortuť, kadmium a pod., sa v obrazovkách používajú látky, ktorých vlastnosti (najmä tie toxické) ešte nie sú celkom známe, z čoho vyplýva aj nízka úroveň poznania v oblasti ich spracovania. Na druhej strane komplexnosť obrazoviek z hľadiska chemického zloženia a technologického prevedenia je taká vysoká, že jediným riešením sa zdá naozaj smerovanie aj legislatívnu podporou k vývoju takých výrobkov, ktorých zhodnotenie a recyklácia sú už dopredu dané, pretože recyklácia vzniknutých odpadov je často ekonomicky náročnejšia ako výroba nových výrobkov z primárnych surovín.

PodĎakovanie

Autori ďakujú za finančnú podporu projektu APVV-20-013405 a projektu agentúry VEGA, MŠ SR č. 1/0087/08.

Zoznam použitej literatúry:

- [1] Dostupné na internete: <http://www.aquatest.cz/downloads/produkty/list_2/LINKA%20RECYKLACE_%20OBRAZO-VEK.pdf> 2008-04-05
- [2] TÖLGYESSY, J.-HARANGOZÓ, M. Kam so starými televízormi, počítačmi a monitormi? In *Enviromagazin* [online]. 2005, č. 1 [cit. 2008-03-21]. Dostupné na internete: <<http://www.sazp.sk/slovak/periodika/enviromagazin/enviro2005/enviro1/priloha%201-2005.pdf>>
- [3] Dostupné na internete: <<http://panasonic.co.jp/eco/metec/en/recycle/television/resource/>> 2008-05-11
- [4] LACUŠKA, M. et. al. Elektronický šrot - výzva pre tretie tisícročie. December 2004
- [5] VALTER, M. Ekologickejšie PC? Nie, nový marketingový nástroj. [cit. 2007-11-11] Dostupné na internete: <http://www.digirevue.sk/buxus_dev/generate_page.php?page_id=49723>
- [6] ŠRÁMEK, A. Druhotné suroviny získané pri zpracovaní elektroodpadu. In *Odpadové fórum*, 2004, č. 11, s. 18-19
- [7] KOPACEK, B. et. al. ReLCD recycling and re-use LCD panels. In *Varirei 2007*, VI. International Congress, Taliansko, 27.-29. 6. 2007, available on CD rom
- [8] Dostupné na internete: <http://subscribe.merck.de/servlet/PB/show/1430240/Licristal_Brosch%FCre.pdf> 2008-05-12
- [9] Dostupné na internete: <<http://home.jeita.or.jp/device/lirec/english/enviro/recycle.htm>> 2008-04-07
- [10] PUCKETT, J. et. al. Exporting Harm: The High-Tech Trashing of Asia. [cit. 2008-05-08]. Dostupné na internete: <<http://www.ban.org/E-waste/technotrashfinalcomp.pdf>> 2008-05-11
- [11] HAUTOJÄRVI, J. Use and Manufacturing Technologies for Minor Metals. In *Thermodynamic and kinetic phenomena in hydrometallurgical processes*. Graduate School Course, 25-27 October 2006, Espoo, Finland
- [12] PISCIELLA, P. et al. Valuable metal recovery from fluorescent lamps: a mechanicochemical approach. In *Varirei 2007*, VI. International Congress, Taliansko, 27.-29. 6. 2007, available on CD rom

