

RECYKLÁCIA KOMPAKTNÝCH A LINEÁRNYCH ŽIARIVIEK S OBSAHO M ORTUTI

MAREK KRUPA - RUŽENA KRÁLIKOVÁ

RECYCLING OF COMPACT AND LINEAR FLUORESCENT LAMPS CONTAINING MERCURY

ABSTRAKT

Príspevok sa zaoberá recykláciou svetelných zdrojov s obsahom ortuti. Ponúka možnosti využitia recyklačných technológií a postupov pre ekologické zneškodňovanie kompaktných a lineárnych žiariviek.

Keľúčové slová: recyklácia, žiarivka, recyklačné technológie

Abstract

The paper describes the recycling of light sources containing mercury. It offers possibilities to use recycling technology and procedures for ecological disposing of compact and linear fluorescent lamps.

Key words: Recycling, fluorescent lamp, recycling technology

ÚVOD

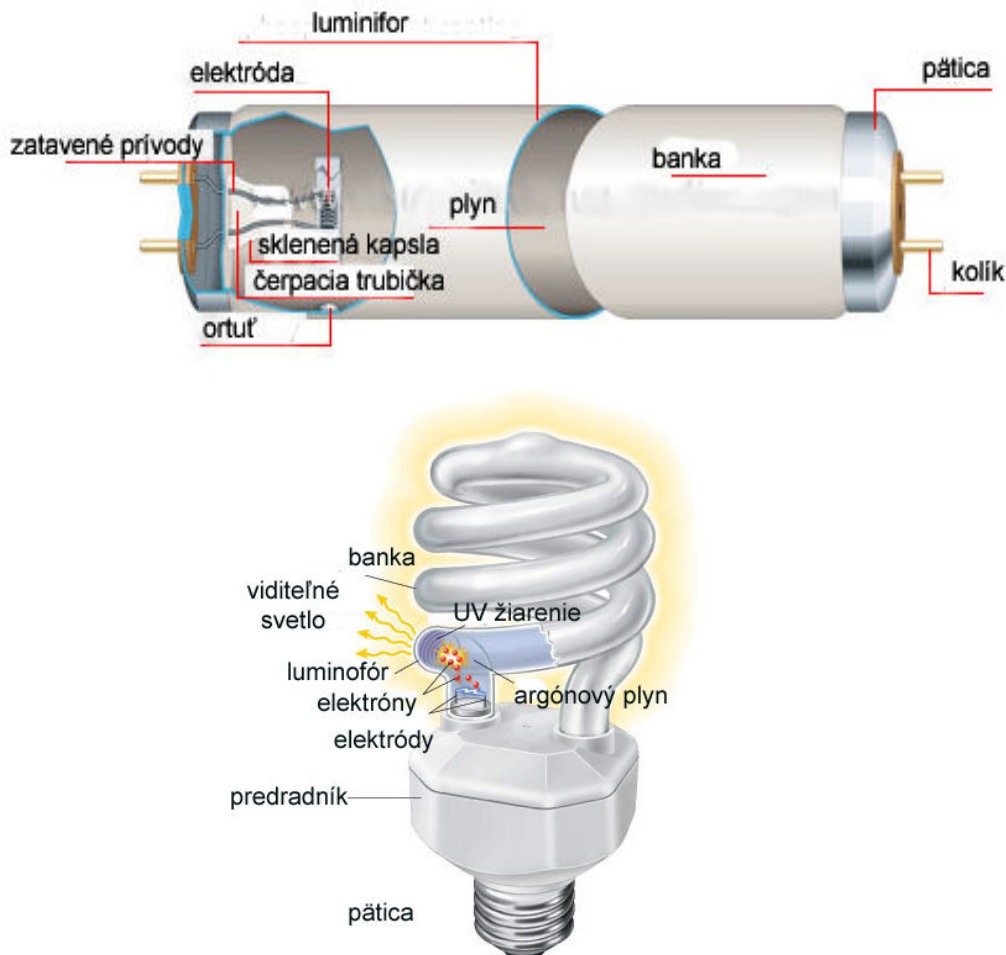
Napriek ekonomickej nevýhodnosti, je z ekologického hľadiska v porovnaní so skládkovaním, alebo spaľovaním samotná recyklácia najlepším riešením nakladania s dožitými svetelnými zdrojmi. Obsah niektorých nebezpečných kovov (najmä zlúčeniny ortuti) môže spôsobovať viaceré technologické problémy pri zneškodňovaní svetelných zdrojov na skládkach a v spaľovniach.

Ortuť vo voľnom prostredí kontaminuje pôdu, vodu, vzduch. Už pri obsahu ortuti 3 mg/kg sušiny sa pôda považuje za kontaminovanú a musí sa zisťovať pôvod znečistenia. V prípade podzemnej vody a ovzdušia sú tieto hodnoty podstatne prísnejšie. Ortuť z jednej žiarivky môže teoreticky kontaminovať až 5 ton pôdy alebo niekoľkonásobne viac pôdy, resp. vzduchu. Recyklácia zodpovedá modernej koncepcii zneškodňovania odpadov, ktorá je v súlade s nastupujúcim trendom nízkoodpadovej až bezodpadovej výroby.

KONŠTRUKCIA KOMPAKTNÝCH A LINEÁRNYCH ŽIARIVIEK

Žiarivky sú v podstate fluorescenčné nízkotlakové ortuťové výbojky (obr. 1). Trubice sa plnia argónom a prímiesou ortuti. Na premenu elektrickej energie na svetelnú využíva žiarenie tlejivého elektrického výboja v parách ortuti. Elektródy sú volfrámové, pokryté vrstvou BaO, SrO, CaO. Samotný výboj vyžaruje neviditeľné ultrafialové žiarenie, ktorým je ožarovaná tenká vrstva vhodného luminoforu, nanosená na vnútornej strane banky žiarivky. Žiarenie excituje molekuly luminoforu,

ktoré následne pri návrate do pôvodného stavu emitujú fotóny viditeľného svetla. Tento jav sa nazýva fluorescencia (odtiaľ je odvodený aj anglický názov žiarivky - fluorescent lamp). Priemerná životnosť žiariviek je až 7 000 hodín. V súčasnosti sa vyrába až 200 druhov žiariviek.



Obr. 1 Fluorescenčná nízkotlaková ortuťová výbojka - žiarivka

Hlavná časť svetla je vyžarovaná jednou alebo niekoľkými vrstvami luminoforu budeného ultrafialovým žiarením výboja. Tieto svetelné zdroje sú väčšinou trubicové, ide buď o lineárne žiarivky, alebo je ich trubica rôzne tvarovaná. Nové možnosti v konštrukčných materiáloch, najmä v luminiforoch a v elektronickej súčiastkovej základni viedli k významnému zvýšeniu hospodárnosti žiarivkového osvetlenia, značnému rozšíreniu vyrábaného sortimentu a k vzniku kompaktných žiariviek, ktoré sa postupne rozvinuli do samostatnej skupiny nízkotlakových svetelných zdrojov.

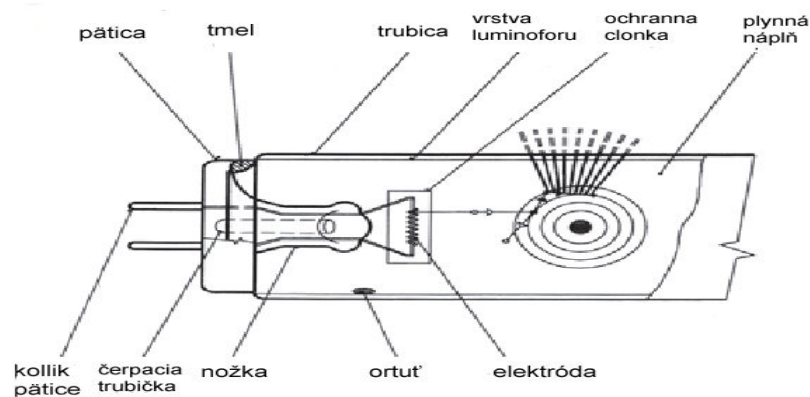
Ako jeden z efektívnych zdrojov svetla v porovnaní so štandardnou žiarovkou vyprodukujú rovnaké množstvo svetla s použitím menšieho množstva elektrickej energie (tab.1). Sú 5 až 10 krát účinnejšie ako žiarovky. Žiarivky sú v domácnostiach vhodným svetelným zdrojom tam, kde sa kladie dôraz na optimálne využitie elektrickej energie, jasné a kontrastné svetlo bez mihania, dlhú životnosť bez poklesu svetelného toku (na osvetlenie pracovného stola v kuchyni, zrkadla v kúpeľni a pod.).

Tab.1: Porovnanie príkonov klasickej žiarovky a úspornej žiarivky pri rovnakom svetelnom výkone

Klasická žiarovka (príkon)	Fluorescenčná ortuťová výbojka (žiarivka) (zodpovedajúci príkon)
25 W	7-9 W
40 W	11 W
60 W	15 W
75 W	18 W
100 W	23 W

Lineárna žiarivka

Klasická žiarivka v tvare dlhej trubice (obr. 2). Zvykne sa tiež nazývať žiarivková trubica, hovorovo aj neónová trubica alebo neónka. Toto označenie je však nesprávne, nakoľko žiarivka neobsahuje neón. [5]

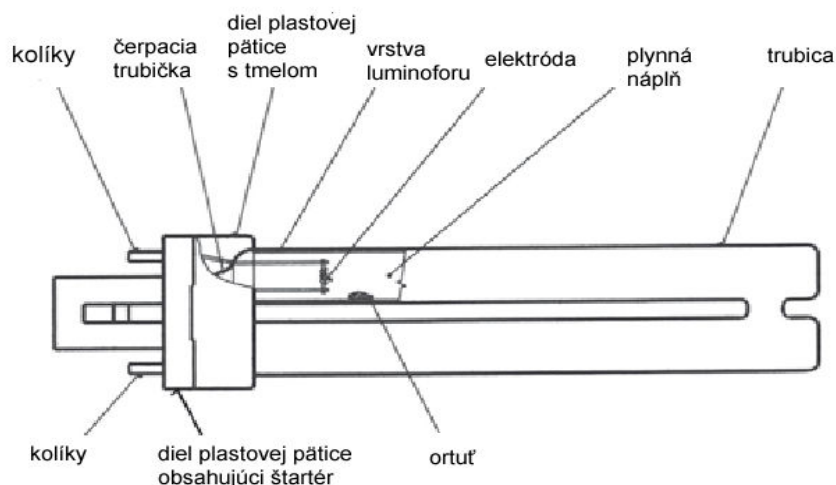


Obr. 2 Konštrukcia lineárnej žiarivky

Kompaktná žiarivka

Pojem kompaktná žiarivka (obr.3) vo všeobecnosti označuje žiarivku s menšími (kompaktnejšími) rozmermi než má klasická žiarivková trubica. Najbežnejším typom sú kompaktné žiarivky, určené pre priamu náhradu klasických osvetľovacích žiaroviek. Takéto žiarivky sa preto nazývajú aj úsporné žiarovky. Majú spravidla rovnaké objímky ako klasické žiarovky. Obsahujú integrovaný elektronický predradník pre zapálenie a udržiavanie výboja. Existujú tiež samostatné kompaktné žiarivky bez integrovaného predradníka, so špeciálnymi päťicami. Sú určené do rôznych menších druhov svietidiel (napr. stolné lampy, osvetlenie v doprave a pod.). [3]

Fyzikálny princíp činnosti kompaktnej žiarivky je obdobný ako u lineárnych žiariviek, t.j. ide o nízkotlakovú ortuťovú výbojku, v ktorej je hlavná časť svetla vyžarovaná vrstvou luminofóru budeného ultrafialovým žiarením výboja.



Obr. 3 Konštrukcia kompaktnej štvornásobnej žiarivky

Kompaktné žiarivky je možné z hľadiska pracovného obvodu rozdeliť do týchto dvoch hlavných skupín:

- žiarivky s vonkajším predradníkom,
- žiarivky s elektronickým integrovaným predradníkom.

RECYKLAČNÉ POSTUPY

Chemický spôsob spracovania výbojok

V SR využívajú firmy pôsobiace v oblasti recyklácie výbojkových svetelných zdrojov len túto technológiu. Pri tomto postupe sa používa fyzikálno-chemická úprava nebezpečných vlastností odpadu s cieľom odstrániť nebezpečnú zložku – ortuť. Využíva sa tu schopnosť ortuti vytvárať so sírou prakticky nerozpustnú a netoxickú zlúčeninu, sulfid ortuťnatý (HgS). Tento postup je energeticky nenáročný, mokrý a neprašný. Nevýhodou tejto technológie je to, že sa jedná o ekologické zneškodnenie výbojok a nie o ekologicky omnoho výhodnejšie recyklovanie. Zneškodňovanie výbojok po ukončení ich životnosti spočíva v ich riadenej deštrukcii v kontrolovaných podmienkach s kvantitatívnym (úplným) záchyтом ortuti. Z väčšej časti ide o manuálny cyklus. Pracovník v ochrannom odevu ponorí vyhorelú výbojku do nádoby s roztokom kyseliny sírovej a tam ju nástrojom rozbije. Unikajúca ortuť zreaguje so sírou do netoxického sulfidu ortuťnatého a táto zlúčenina je plnená do sudov, ktoré putujú na skládku odpadov. Tento odpad je síce toxicky nezávadný, no nijako neprispieva životnému prostrediu. Nevýhodou je, že ortuť je už nepoužiteľná pre ďalšiu výrobu a tým je nutná nová produkcia tejto toxickéj látky. Ďalej je tu existencia kalov vznikajúcich z roztoku kyseliny. [1]

Termický spôsob spracovania výbojok

Je z environmentálneho hľadiska najvhodnejší a používajú sa pri ňom 2 postupy:

- 1) *End Cut /Kappen – Trenn* - oddeľovanie päťíc.

Je to metóda ktorá sa vynikajúco osvedčila pre dosiahnutie mimoriadne čistého skla z recyklácie lineárnych žiariviek. Princíp tejto metódy je jednoduchý ale veľmi účinný. V prvom rade lineárne žiarivky sú uložené na dopravníkový pás na ktorom sú ich konce odstránené (obr. 4).



Obr. 4 Oddeľovanie päťíc lineárnych žiariviek

V druhom kroku tlak vzduchu vyfúkne fluorescenčný prášok z trubice (obr. 5). Vysoká presnosť v tomto kroku spracovania je veľmi dôležitá pre získanie čistého skla. Následne sú konce žiariviek, sklo a fluorescenčný prášok separované.



Obr. 5 Vyfúknutie fluorescenčného prášku z trubice

Zariadenie ECM dokáže spracovať až 5000 lineárnych žiariviek za hodinu. Dĺžka trubíc môže byť v rozmedzí 600 mm až 1800 mm u špeciálnych strojov až do 2400 mm. Žiarivky priemeru 26 a 38 mm môžu byť spracovávané súčasne, ale T5 (16 mm) žiarivky je nutné spracovávať samostatne. Lineárne žiarivky sa na pás nakladajú manuálne. Po separácii jednotlivých zložiek získame čisté sklo, odpadové sklo, hliníkové päťice, fluorescenčný prášok. Prevádzková teplota zariadenia je v rozmedzí +10°C až +35°C. [1]

- 2) *Crush and Separate / Schredder* (drvenie a separácia). Tento spôsob využíva zariadenie Shredder (šrotovník), ktoré je v súčasnosti špičkou v technológiách na recykláciu vyhoretých výbojok s obsahom ortuti.

ZARIADENIA A RECYKLAČNÉ TECHNOLOGIE

Celosvetové stimuly na použité kompaktné žiarivky (CFL) ako energeticky a cenovo šetriaceho svetelného zdroja, odštartovali vývoj zariadení na ich recykláciu. Spracovanie žiariviek vyžaduje potrebné vybavenie, bezpečné pracovné podmienky a dôležité je aby žiarivky boli neporušené.

Recyklačný kontajner MRT

Kompaktný recyklačný kontajner MRT je unikátny vlastným systémom na recykláciu rôznych tvarov a veľkostí žiariviek. Toto zariadenie na spracovanie svetelných zdrojov šetri miesto, má jednoduchú

inštaláciu a je možné ho ľahko premiestniť. Splňa najprísnejšie environmentálne štandardy. Linka je ľahko ovládateľná.

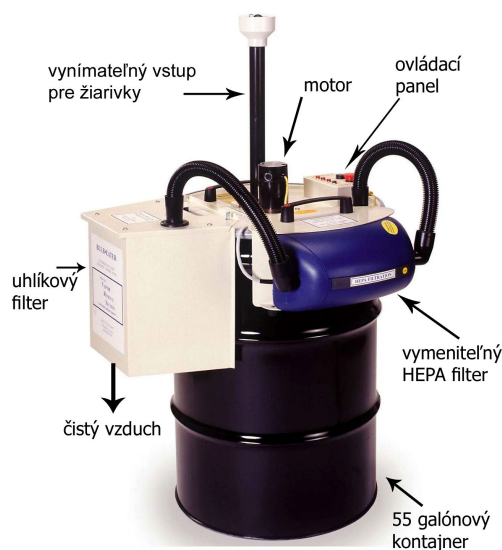
Trubice prechádzajú vo vnútri zariadenia sústavou drviacich a separačných prvkov. Z dôvodu zabezpečenia maximálnej ochrany životného prostredia je zariadenie umiestnené v uzavretom kontajneri (obr. 6). V celom kontajneri je podtlak, čím sa zabraňuje uvoľňovaniu ortuti do ovzdušia. Rozdrvené sklo sa dopravuje do zbernej nádoby na sklo. Rozdrvené kovové frakcie sa presunú do separátora kovov, kde sa delia na železné a neželezné kovy. Vzniknutý prášok je čistený vo viacerých krokoch, výfukový vzduch je čistený uhlíkovými filtrami. Fluorescenčný prach sa zhromažďuje v sudoch pod cyklónmi a filtračným systémom. Ten je určený na ďalšie spracovanie v špeciálnom destilátore. [4]



Obr. 6 Kompaktná drviaca a separačná linka MRT

Drvič lineárnych žiariviek

Slúži na rozdrvenie vyradených žiariviek ľubovoľnej dĺžky a žiariviek U - tvaru . Systém obsahuje filtre na zachytávanie prachových častíc a ortuťových výparov. Neutralizuje prakticky všetky výpary ortuti, ktoré sa uvoľňujú počas drvenia. Zo 100% recyklovaného materiálu zachytí viac ako 99,99% uvoľnených výparov (obr. 7) [2].



Obr. 7 Drvič lineárnych žiariviek – Premium bulb eater model 55 VRS

Filtrácia pozostáva z troch fáz:

1. fáza – filtračné vrečko zachytí častice od 1 mikrónu a počas naplnenia jedného barelu je potrebné ho vymeniť 2 krát,
2. fáza – HEPA filter; životnosť filtra je na 10 naplnení kontajnera a zachytáva častice veľkosti od 0,3 mikrónu,
3. fáza – filter s aktívnym uhlíkom má životnosť pre 1 miliónov žiariviek, zachytáva ortuťové výpary (do ovzdušia sa dostáva iba 0,00005 mg/m³).

CFL Pre-Crusher

CFL (compact fluorescent lamp – kompaktné žiarivky) drvič Pre-Crusher (obr.8) je malý drvič s triediacou jednotkou, ktorá odstraňuje päťice z CFL výbojok pred ďalším spracovaním v kompaktnom drviacom a separačnom zariadení. Zariadenie rozdrví a roztriedi odpadový materiál na zmiešanú sklenú frakciu, frakciu kovových koncov (zakončení), frakciu fluorescenčného prachu. CFL žiarivky dopravuje manuálne otáčacie zariadenie do drviaceho dopravníka, kde po rozdrvení prechádzajú sústavou preosievacích zariadení. Plastové objímky sa oddelia od skleneného materiálu a putujú do zbernej nádoby na plasty. [4]



Obr. 8 CFL Pre-Crusher

Štandardný CFL procesor



Obr. 9 Štandardný CFL procesor

Štandardný CFL procesor (obr. 9) je účinný drviaci a separačný stroj pre kompaktné fluorescenčné žiarivky rôznych tvarov a dĺžok. Zariadenie bezpečne oddeľuje podstatné časti CFL žiariviek a umožňuje ich recykláciu a opätovné použitie. Zariadenie sa skladá z oddelených častí, ktoré sú vybavené pre vyhoreté kompaktné žiarivky z trhu alebo pre vyradené žiarivky z priemyselnej výroby. CFL procesor dokáže rovnako spracovávať lineárne žiarivky. Využíva technológiu suchej separácie a pracuje pod tlakom pre zaistenie bezpečných pracovných podmienok.

Vstupné materiály: CFL žiarivky, rozdrvené lineárne žiarivky, neporušené lineárne žiarivky.

Výstupné materiály: sklo, fluorescenčný prášok, pätice, železné kovy. [4]

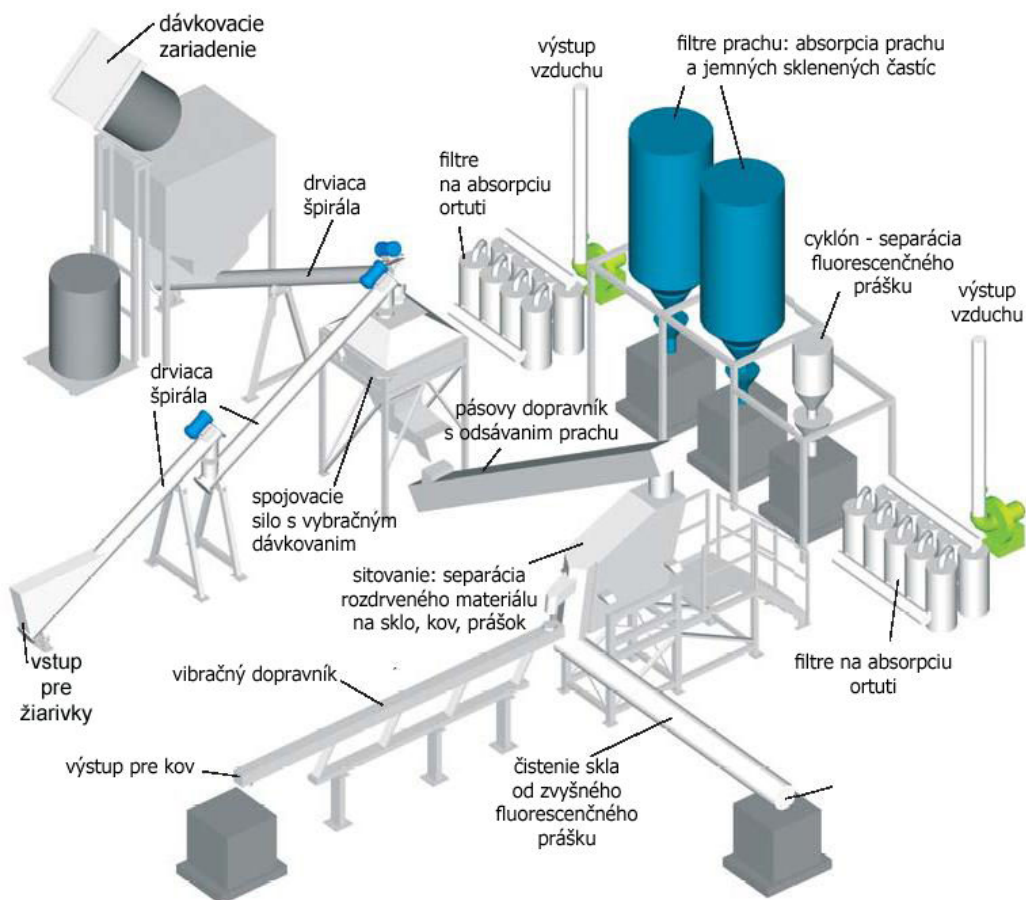
Kompaktná drviaca a sitovacia linka MRT

MRT drviaca a sitovacia linka (obr.10) je určená na spracovanie veľkého množstva vyradených žiariviek. Umožňuje bezpečnú a efektívnu manipuláciu s vyhoretými žiarivkami rôznych tvarov a veľkosti na základe presného a plne automatického procesu. Na obsluhu zariadenie postačuje jedná osoba, nakoľko pracovník vkladá vyradené svetelné zdroje do zariadenia manuálne, alebo prostredníctvom stroja. Technológia je založená na suchom spracovaní, ktoré prináša výnimočne čisté vedľajšie produkty a aj pracovné podmienky. Zariadenie je možné uložiť do malého priestoru na plochu 100 m² v závislosti od usporiadania celého zariadenia. Kapacita tohto zariadenia je zhruba 6 000 žiariviek za hodinu (1750 kg drveného materiálu prejde systémom za hodinu pri nepretržitom dávkovaní jednotky).



Obr. 10 Kompaktná drviaca a sitovacia linka

Žiarivky sú vkladané do sita prostredníctvom dávkovača a sú rozdrvené pomocou špeciálnych vysoko výkonných skrutiek, pričom sú ďalej transportované do sila. Tento modul je vybavený vibračným dopravníkom, ktorý slúži ako medzistupeň medzi drvením a preosievaním jednotlivých častí. Vzhľadom na intenzitu spracovania materiálov vo vibračných dopravníkových pásoch, bude všetok zostatkový prášok a prach otrášený z kovových a sklenených dielov. V dôsledku podtlaku v zariadení a spätného prúdenia vzduchu, budú častice čerpané späť do sita a následne do prachového filtra. Dávkovacie zariadenie zabezpečuje rovnomerné rozloženie drvených materiálov na dopravníkových pásoch a aj v site. Sitovanie je jadrom tohto procesu. V tejto fáze sú rozdrvené materiály rozdelené do sklenených, kovových frakcií a fluorescenčného prášku. Sklené frakcie sú ďalej spracovávané pred výstupom, zatiaľ čo kovové frakcie pomocou vibračného dopravníka sú odvádzané do zberných nádob. Zariadenie je však možné doplniť separátorom kovu. Fluorescenčný prášok a prach sú odvádzané pomocou odsávacieho systému do cyklónových a prachových filtrov. Na záver procesu, vzduch prechádza cez ortuťové absorpčné filtre. (obr.11)



Obr. 11 Schéma kompaktnej drviacej a sitovacej linky

Zbytková hodnota ortuti vo výstupnom produkte skla a kovu leží hlboko pod najprísnejšími limitmi a tým umožňuje kvalitnú recykláciu na rôzne účely. Vďaka čistote skla a kovu, v prípade nutnosti môžu byť tieto materiály uložené na skládku a to ekologicky prijateľným spôsobom. Pokiaľ ide o fluorescenčný prášok, je odporúčané ďalšie ošetrovanie v destilátore pre získanie ortuti. [4]

ZÁVER

Tendencia zvýšenia ekologickosti svetelných zdrojov sa prejavuje tlakom na výrobcov používať materiály a technologické postupy, ktoré sú čo najšetrnejšie behom výroby svetelného zdroja aj behom prevádzky a najmä pri ich zneškodňovaní po ukončení ich životnosti. Technológie na ekologické zneškodňovanie svetelných zdrojov predstavujú špičku vývoja v oblasti recyklácie elektrických a elektronických zariadení vôbec.

POUŽITÁ LITERATÚRA

- [1] BADIDA, M., BOSÁK, M. a kol.: Recyklácia a recyklačné technológie, Viena s.r.o., Košice, 2007, str. 417-439, ISBN 978-80-8079-946-1.
- [2] <http://www.aircycle.com/products/premiumbe/> [6.5.2009]
- [3] http://www.atpjournals.sk/pdf/2002_01_60-62.pdf [1.3.2009]
- [4] <http://www.mrtsystem.com/index.asp?page=45> [4.5.2009]

[5] http://www.powerwiki.cz/attach/EST/X15EST3B_vybojove_zdroje.ppt [8.4.2009]

ADRESA AUTOROV

Ing. Marek KRUPA, Katedra environmentalistiky a riadenia procesov, Park Komenského 5, 040 01 Košice, E-mail: marek.krupa@tuke.sk

Doc. Ing. Ružena KRÁLIKOVÁ, PhD., Katedra environmentalistiky a riadenia procesov, Park Komenského 5, 040 01 Košice, E-mail: ruzena.kralikova@tuke.sk

RECENZENT

RNDr. Miroslav Rusko, PhD., MTF STU Trnava, Katedra environmentálneho a bezpečnostného inžinierstva Botanická 49, 917 01 Trnava, E-mail: miroslav.rusko@stuba.sk