

ÜVEGHULLADÉK ELŐKÉSZÍTÉSI TECHNOLÓGIA A KÖRKÖRÖS GAZDASÁG JEGYÉBEN

Voith Katalin

tudományos főmunkatárs, Miskolci Egyetem, Energetikai és Vegyipari Gépészeti Intézet
3515 Miskolc, Miskolc-Egyetemváros, e-mail: gkdh12@uni-miskolc.hu

Absztrakt

A háztartásokban keletkezett csomagolási üveghulladék 100 %-ban újrahasznosítható. Ez fontos tény, mivel az Európai Unió 2018/852/EU csomagolási irányelve alapján minden tagországnak törekednie kell arra, hogy megelőzzék a csomagolási hulladék gyártását. Ezen túlmenően a hangsúlyt a csomagolási hulladék újrafelhasználására, újrafeldolgozására kell helyezni. Megakadályozva ezzel a csomagolási hulladék végleges ártalmatlanítását, azaz megtörténik a körkörös gazdaságra való áttérés. A körkörös gazdaság olyan gazdaság, amely minimalizálja az erőforrások, hulladékok, kibocsátások és az energia elszivárgását. Ez tartós tervezés, karbantartás, javítás, újrafelhasználás és újrahasznosítás révén érhető el. Az EU 2018/852/EU irányelvének célkitűzése, hogy 2025. december 31-ig az üveg csomagolási hulladéknak 70 %-át dolgozzák fel újra. Ez a szám 2030-ra 75 %-ra kell megemelkedjen. A témaválasztás fő oka ez az EU-s célkitűzés. A cikk az üveg csomagolási hulladék környezetszempon-tú előkészítési folyamatának technológiatervezését tekinti át.

Kulcsszavak: csomagolási üveghulladék, újrafeldolgozási technológia, életciklus szemlélet, körkörös gazdaság

Abstract

The domestic packaging glass waste is recyclable in 100 %. This is a very important fact since according to the directive (EU) no. 2018/852 of the European Parliament and of The Council of 30 May 2018 all member countries must eliminate the production of packaging waste. Beyond this goal the emphasis has to be on the recycling and reusing of packaging waste. This would put an end on the final disposal of packaging waste and in this way the change to the circular economy would happen. With a working circular economy the emission of waste materials and the leakage of energy is can be minimized, that can be reached by sustainable planning, maintenance, correction, reusing and recycling. The EU Directive 2018/852 / EU aims to recycle 70% of glass packaging waste by 31 December 2025. This figure should rise to 75% by 2030. The main reason for the choice of this topic is this EU objective. This article is an overview of the environmentally-friendly, technology design of the preparation process of domestic glass waste.

Keywords: packaging glass waste, recycling process, life cycle approach, circular economy

1. Bevezetés

Napjaink egyik legégetőbb problémáját a hulladék okozza. Fogyasztói társadalmunk arra ösztönözi, kényszeríti a magánembereket és cégeket, hogy eszközeiket, berendezéseiket folyamatosan cseréljék újabbra, függetlenül attól, hogy a régi még működő képes-e és ellátja-e a feladatát vagy sem.

Szerencsére az elmúlt évtizedekben egyre inkább megnövekedett a figyelem a környezetvédelem iránt. Ide tartozik a termékekkel összefüggő lehetséges hatások iránti figyelem is, ami arra ösztönözi a tudósokat, mérnököket, hogy ebbe az irányban fejlesszék a technológiákat és módszereket. Szükséges, hogy egyre jobban megértsük ezek hatásait és azokat irányítani tudjuk.

A mai ember és gazdaság életében kulcsfontosságúvá kell váljon, hogy tisztában legyen azzal, mi a hulladék és mit lehet tenni a kisebb mennyiség keletkezése érdekében. A hulladék az ember mindennapi élete, munkája, gazdasági tevékenysége során keletkező, a keletkezés helyén feleslegessé vált, ott közvetlenül fel nem használható, különböző minőségű és halmazállapotú anyag, termék, maradvány, tárgy, leválasztott szennyezőanyag, szennyezett kitermelt föld, amelyet tulajdonosuk sem közvetlenül felhasználni, sem értékesíteni nem tud és amelynek kezeléséről külön kell gondoskodni. A hulladékokat leggyakrabban az eredet szerinti csoportosítjuk. Így beszélhetünk termelési (ipari, mezőgazdasági, szolgáltatási) vagy települési (kommunális) hulladékról. A szilárd települési hulladékok egyik leggyorsabban növekvő szegmensét a csomagolási hulladék jelenti. Az Európai Unióban kiemelten kezeli a csomagolás és a csomagolási hulladékok újrahasznosítási követelményeit, amelynek kötelező mértékét irányelvekben határozzák meg.

Ebben a kutatói tanulmányban a háztartásokban keletkezett üveghulladék kerül a középpontba. Ennek több oka is van. Elsődlegesen az, hogy a háztartásokban keletkezett csomagolási üveghulladék (ide értjük, a befőttesüvegeket, különböző üdítős, sörös, boros, pezsgős és egyéb italos üvegeket, az étkezési olajok üvegeit stb.) gyakorlatilag 100 %-ban újrahasznosítható. Az üveg anyagában hasznosítható csomagolási hulladék, mely anyagáramra egyik hazai kötelezettségünk, hogy az idei évvel bezárólag legalább 55%-os hányadában szükséges anyagában hasznosítanunk az üveg hulladékok minimum 50 tömegszázalékos visszagyűjtése mellett. Az Európai Parlament és a Tanács (EU) 2018/852 irányelve alapján – ami módosítja a 94/62/EK irányelveit – minden tagországnak törekednie kell arra, hogy megelőzzék a csomagolási hulladék gyártását. Ezen túlmenően a hangsúlyt a csomagolási hulladék elsősorban anyagában történő hasznosítására és újrafeldolgozására kell helyezni, megakadályozva ezzel a csomagolási hulladék végleges ártalmatlanítását. A csomagolási hulladék gyártásának megszüntetése és újrafeldolgozásának ösztönzése mellett, a 2018/852 irányelv további célkitűzése, hogy 2025 december 31-ig az üveg csomagolási hulladéknak 70 %-át dolgozzák fel újra. Ez a szám 2030-ra 75 %-ra kell megemelkedjen. Ily módon hozzájárulhatunk a körkörös gazdaságra való áttérésre. A körkörös gazdaság olyan gazdaság, amely minimalizálja az erőforrások, hulladékok, kibocsátások és az energia elszívargását. Ez tartós tervezés, karbantartás, javítás, újrafelhasználás és újrahasznosítás révén érhető el [1].

A csomagolásról és a csomagolási hulladékkal kapcsolatos hulladékgazdálkodási tevékenységekről szóló 442/2012. (XII. 29.) Korm. rendelet az 534/2013. (XII. 30.) Korm. rendelettel módosul, 2013. december 31. napjától. A 2013-ban életbe lépő, hulladékokról szóló törvény egyik elsődleges célja az volt, hogy bevezesse a lakosság körében azt a szemléletet, hogy minél kevesebb háztartásból kikerülő hulladék kerüljön a szeméttelre lerakásra, rászoktassa a szelektív hulladékgyűjtésre. A 2017. évi CXXXI. törvény (a környezetvédelmi termékdíjról szóló 2011. évi LXXXV. törvény módosításáról) alapján az üvegre vonatkozó termékdíjtétel 19 Ft/kg, a felső hasznosítási arány 65%, az országos átlá-

gos teljesítési hányad 60% és a fajlagos kezelési alapköltség 10 Ft/kg. A témaválasztás másik fő oka a fentiekben említett EU célkitűzés [2].

Mint jogszabályi háttér meg kell említeni a 2012. évi CLXXXV. törvényt, amelyet az Országgyűlés a környezet és az emberi egészség védelme érdekében hozott. Célja a környezetterhelés mérséklése, a természeti erőforrásokkal való takarékos gazdálkodás, az erőforrás-felhasználás hatásainak csökkentése, hatékonyságának javítása, továbbá a hulladékképződés, illetve a képződő hulladék káros hatásainak megelőzése, mennyiségének és veszélyességének csökkentése. Előtérbe helyezi továbbá a használt termékek újra használatát, a fogyasztási láncban szereplő anyagok termelési-fogyasztási körforgásban tartását, valamint a hulladék minél nagyobb arányú anyagában történő hasznosítását. A 2013. január 1. napjától hatályos 2012. évi CLXXXV. törvényben hangsúlyozott életciklus-szemlélet alapján az életciklus értékelés (Life Cycle Assessment, LCA) eredményeit és következtetéseit megfelelő formában kell közölnünk a célközönség számára, foglalkozva az alkalmazott adatokkal, módszerekkel és feltevésekkel [3]. Az így begyűjtött hulladék utána újrahasznosításra kerülhet ahelyett, hogy szemétként pl. eléggessék, ami sok szempontból sem nevezhető környezetbarátnak. A cél az újrahasznosítás, ami mellett megjegyzendő az, hogy az elmúlt évtizedben számos hulladék energetikai hasznosítási/hőkezelési technológia került előtérbe, és azokat a rendelkezésre álló legjobb technikáknak nyilvánították [4].

2. Életciklus-szemlélet üveghulladék feldolgozásánál

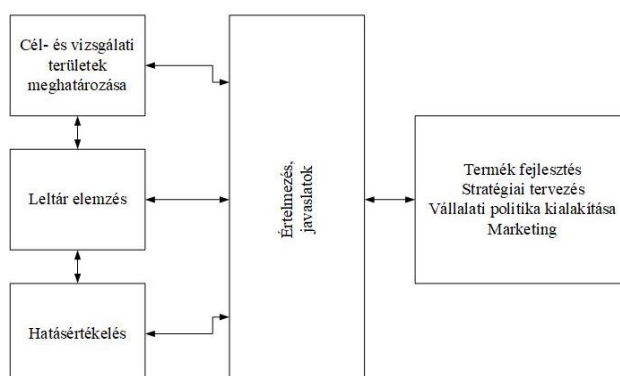
A bevezetésben már említésre került 2012. évi CLXXXV. hulladékgazdálkodási törvényben kiemelkedő szerepet kap az életciklus-szemlélet, amelynek keretében az életciklus elemzés (LCA) egy termék teljes életciklusát veszi figyelembe a nyersanyag kitermelésétől kiindulva a gyártáson keresztül az elhasználásán át a belőle képződő hulladék kezeléséig.

Az Életciklus értékelés (Life Cycle Assessment) lényege, hogy meg tudjuk határozni, hogy az a bizonyos termék teljes élettartama alatt - azaz az előállításától a belőle keletkezett hulladék ártalmatlanításáig - milyen környezeti terheléseket okoz, mennyi természeti erőforrást használ fel, beleértve az energiakiadásokat is. Az életciklus-értékelés alapul szolgálhat:

- azoknak a lehetőségeknek az azonosításához, amelyek a termékek környezeti hatását növelik az életciklusuk különböző pontjain
- az ipari, kormányzati és nem kormányzati szervezetek döntéshozóinak tájékoztatásához (stratégiai tervezés, prioritások meghatározása, a termék vagy a folyamat tervezése, illetve újra tervezése)
- a környezeti hatások releváns mutatóinak kiválasztásához, beleértve a mérési technológiákat, és
- a marketinghez (egy ökológiai osztályozási séma kidolgozása, a környezeti igénybevétel, vagy a környezeti termék meghatározásának kifejezése) [5].

Az életciklus szakaszokon belül mindig nagyobb figyelmet szentelünk a hulladékká válás, jelen esetben az üvegcsomagolási anyagok csomagolási üveghulladékká történő válására. A termékrendszer képező csomagolási termékáramot a termékrendszer környezetvédelmi szempontjaival és hatásaival vizsgáljuk. Maga a termékrendszer olyan egységfolyamatokra osztható, amelyek a termékrendszerek termékáramai (köztes termékek és/vagy a kezelendő hulladék) által kapcsolódnak egymáshoz az elemi áramok környezet felé történő áramlásával. Az LCA egy funkcionális egység köré szerveződik (adott esetben 1 kg üvegtermék/üveghulladék), ahol az LCI és az LCIA összes bemenete és kimenete az adott funkcionális egységhez kapcsolódik [3].

Az 1. ábra mutatja be az LCA felépítését és részegységeinek egymáshoz való viszonyát.



1. ábra. LCA felépítése (saját szerkesztés) [6]

Az életciklus értékelés alapvető célja, hogy olyan technológiákat fejlesszen ki, amik hozzájárulnak a környezetünk megóvásához, egészségesebbé tételéhez, környezetbarát anyagok és segédanyagok alkalmazásához és nem utolsósorban az emberek egészségesebbé tételéhez [7]. Minden egyes termék minden egyes életciklus szakaszában a környezetre gyakorolt hatást a GaBi szoftverben 11 környezeti hatási kategóriában vizsgálhatjuk és számszerűsíthetjük [8]. Az 1. táblázat a GaBi szoftverben szokásosan vizsgált 11 kategóriát ismerteti.

1. táblázat. Környezeti hatáskategóriák

Hatáskategóriák menvevezése	Hatáskategóriák értelmezése	Egyenérték
Globális felmelegedési potenciál (GWP)	A különböző üvegházhatású gázok globális felmelegedéshez való hozzájárulásának a mértéke egységnyi CO ₂ -hoz viszonyítva.	kg CO ₂ -egyenérték
Savasodási potenciál (AP)	A SO ₂ -hoz viszonyított savasodás.	kg SO ₂ -egyenérték
Eutrofizációs potenciál (EP)	Az algásodás mértéke.	kg Foszfát-egyenérték
Humán toxicitási potenciál (HTP)	Az emberi szervezetre mérgező hatású anyagokra vonatkozó, maximálisan megengedett koncentráció mértéke 1,4 diklórbenzol (DCB) egyenértékben.	kg DCB-egyenérték
Fotokémiai ózonképződési potenciál (POCP)	Az illékony szerves vegyületek ózontermelő képessége.	kg Etilén-egyenérték
Ózonréteg elvékonyodási potenciál (ODP)	Főként a halogénezett szénhidrogének rovására írható, referens összetevőként az R11 került kiválasztásra.	kg R11-egyenérték
Földi Öko-toxicitási potenciál (TETP)	Növény és állatvilágra vonatkozó mérgező anyagok	DCB
Tengervízi Öko-toxicitási potenciál (MAETP)		
Édesvízi Öko-toxicitási potenciál (FAETP)		
Aboitikus kimerülő források (ADPE)	Magába foglalja a nagyszámú fémércet.	kg antimon-egyenérték
Aboitikus kimerülő fosszilis források (ADPF)	Magába foglalja a kimerülő fosszilis energiaforrásokat.	MJ

A körkörös gazdaság modellje alapvetően arra épül, hogy a termékek élettartamát meghosszabbítsuk. Jelen esetben az üvegcsomagolásnak, mint terméknek egy második esélyt adunk azzal, hogy életciklusa végén feldolgozzuk és másodlagos termék (üveglisztté majd üveghabbá) alakítjuk át. Az üveghulladék mennyiségének csökkentése, a környezetbarát terméktervezés és az újrafeldolgozásra épülő újrafelhasználás csökkenti az üvegházhatású gázok kibocsátását, ami életciklus elemzésekkel jól ellenőrizhető. Az üvegcsomagolás életciklusa végén keletkező csomagolási üveghulladéokra vonatkozó előkészítési technológiát a következő fejezetben ismertetem.

3. Üveghulladék előkészítési technológiája

Jelen cikk a háztartásokból szelektíven begyűjtött üveghulladék egy általános előkészítési technológiáját mutatja be, abból a nézőpontból, hogy a lehetőség szerint a leghatékonyabban érjük el a továbbfeldolgozáshoz – pl. üveghab alapjául szolgáló üvegliszt [9] – szükséges szemcseméretet és tisztaságot. Abból a feltételezésből indulunk ki, hogy a szelektív konténerekből kikerülő üveghulladék között nem található olyan darab, aminek bármelyik mérete nagyobb lenne, mint 300 mm.

Az üveghulladék előkészítésének technológiai folyamatában először kisebb szemcseméretűre kell összeaprítani a konténerekbe bedobált üvegtörmelékét. Az így már a 0-125 mm közötti méretű üveg egyingás pofástörőben kerül aprításra. Az aprított üveg (töret maximális szemcsemérete: 30 mm 125 mm-es maximális feladás esetén) osztályozásra kerül egy mágneses meghajtású szitavibrátor segítségével (rázószita), majd röpítőtörőre kerül. A 30 mm vagy attól kisebb szemcseméretű üveg a röpítő törő forgórészébe jut a törő beömlő nyílásán keresztül, ahol törést szenved. A röpítőtörőből távozó töretből a mágneses fémek és nem-vas fémek egy mágneses szeparátor segítségével leválasztásra kerülnek. Erre a lépésre azért van szükség, hogy az anyagáramból kiszűrjük az esetlegesen bekerült fémes anyagokat, amik lehetnek például zárókupakok. Az aprított, mágneses fémektől megszabadított, osztályozott és egyenletes szemcseméretű vegyes üveg optikai válogatóra kerül, ahol a szétválasztott fehér és színes üvefraciók golyósmalomba kerülnek. A golyósmalomban történő őrlést követően az őrlemény, azaz az üvegliszt lesz az üveghab egyik alapösszetevője. A 2. ábra mutatja be ennek a leírt előkészítési technológiának a lépéseit.

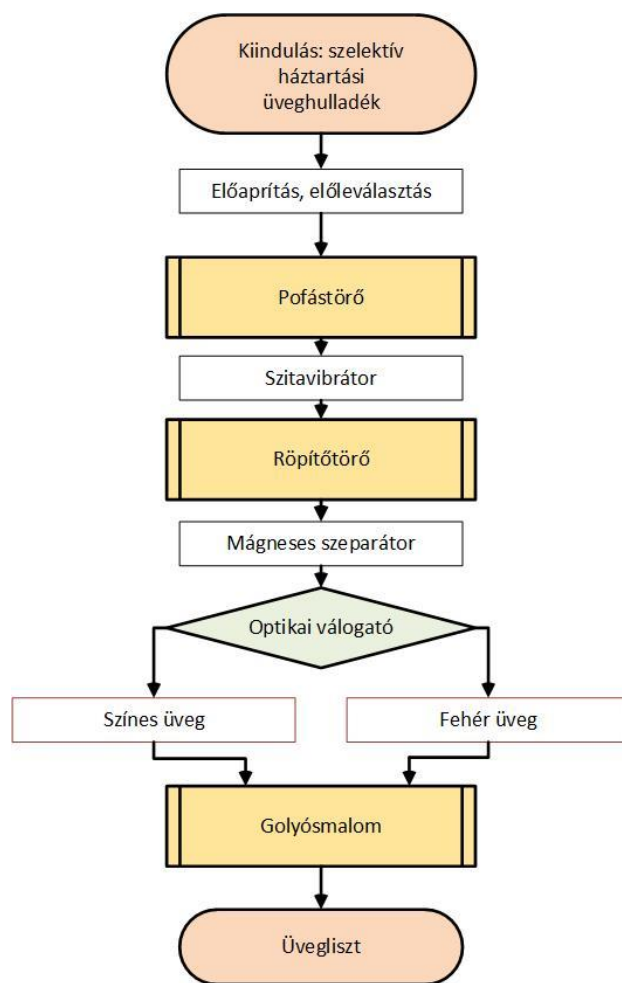
3.1. Az előkészítési technológia főbb berendezései

Az előkészítési technológia folyamatában a gyakorlatban több lépés is szükséges ahhoz, hogy a kívánt végterméket, jelen esetünkben az üveglisztet elérjük. Jelen cikkben a legfőbb berendezések (aprító- és őrlőberendezések, mágneses szeparátor és optikai válogató) bemutatása történik. Azokra a berendezésekre térünk ki részletesen, amelyek kulcsfontosságúak ahhoz, hogy a csomagolási üveghulladék a körkörös gazdasági elv alapján ne végtermék legyen, hanem egy új termék alapanyaga.

3.1.1. Pofástörő

Az egyingás pofástörőket főleg rideg, kemény anyagok – mint pl. az üveg – aprítására használják. Működési elve, hogy gördülőcsapágyazású excenter tengelyen ágyazott és a biztonsági törőlappal megtámasztott inga mozgatásával történik az aprítás. A kijövő szemcseméretet a kiömlőrést beállító csavarorsós ékemelő szerkezet biztosítja.

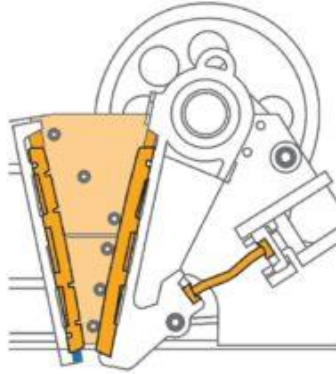
Az egyingás pofástörők, maximum 3000 kp/cm² törőszilárdságú, kemény, koptató, rideg anyagok, közetek, ércek durva- és közép aprítására szolgálnak. A hulladék előkészítésben elsősorban üveg, beton, téglá durva (x > 50 mm) aprítására alkalmas.



2. ábra. Az üveghulladék előkészítési folyamatábrája

Egylépcsős és kétlépcsős üzemekben is alkalmazható, 4-9 közötti aprítási fokkal és 0,2-0,7 kWh/t értékű fajlagos munkaszükséglettel. A feladás szemcseméretét a garatnyílás mérete határozza meg. A töret szemcseméretét az állítható résméret (kiömlő rész mérete) határozza meg. A pofástörőknek két meredek, alul hegyesszöget (törőszög: 15-18°) bezáró törőfelületük van, ahol az egyik törőfelület áll, a másik ehhez közeledik és távolodik, megfelelő löketszámmal. Gördülőcsapágyozású excentertengelyen ágyazott és biztonsági törőlappal megtámasztott inga mozgatásával történik az aprítás, lassan fokozódó nyomással. A törőfelületek ék alakú bordázása következtében a nyomás mellett hajlító és vágó (hasító) igénybevételek is fellépnek. Az egyenletes járás biztosítására az excentertengely két végére lendkerék van felszerelve. Ezek közül az egyik ékszíjtárcsának van kiképezve a hajtás számára. A kiömlőrés és a töret méretének változtatása csavarorsós ékemelő szerkezettel történik. Az egyrésztű törőház és az inga acélöntvényből, a törőpofák pedig kopásálló, nagy mangántartalmú acélöntvényből készülnek. [13]

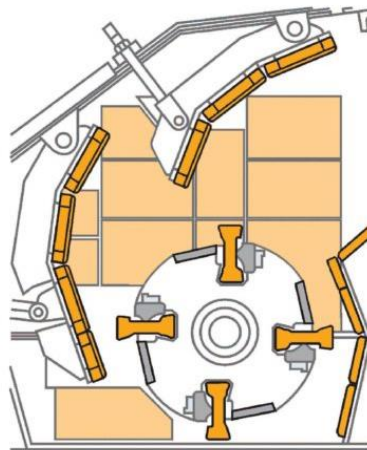
A 3. ábra mutatja be a pofástörő vázlatos rajzát és főbb technikai paramétereit.



3. ábra. Pofástörő vázlatos rajza [12]

3.1.2. Röpítőtörő

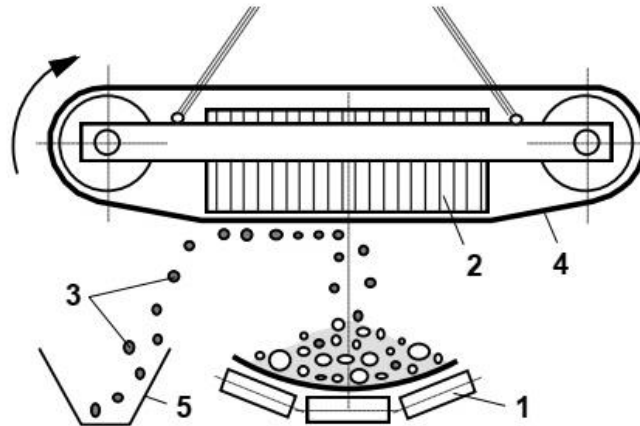
A röpítőtörők az anyagszemcsék kinetikus energiáját hasznosítják aprítási munkára az ütköző hatást kihasználva. Az első szemcseméret csökkenést a feladott szemcséknek a nagy kerületi sebességgel forgó rotor védőléceinek történő ütközése okozza, majd második lépésben az álló őrlópályának ütközve aprózódik tovább. Innen visszakerül a töret a verőlécekre és ez a folyamat addig ismétlődik, amíg a töret a megfelelő szemcseméretet el nem éri. Ezt a működési elvet mutatja be a 4. ábra. A röpítőtörők kis- és közepes szilárdságú rideg anyagok durva-, közép- és finom aprítására alkalmas berendezések. Kemény rideg anyagok aprítására is alkalmas, a kalapácstörőkkel ellentétben. A hulladék előkészítésben elsősorban üveg, beton, téglá, aszfalt és beton durva ($x > 50$ mm) és közép ($x = 5-50$ mm) aprítására alkalmas. Egylépcsős és kétlépcsős üzemekben is alkalmazható, nagy aprítási fokkal és kedvező fajlagos munkaszükséglettel (aprítási munka: 0,4-7 kWh/t). A feladás szemcseméretét a garatnyílás mérete határozza meg. A töret szemcseméretét a rotor kerületi sebessége, illetve a rotor dobóléceinek és az ütközőlemezek közötti távolság határozza meg. A töret szemcséi jó kubicitással rendelkeznek, kevés túlméretes szemcse található a töretben általában. [14]



4. ábra. Röpítőtörő vázlatos rajza [12]

3.1.3. Mágneses szeparátor

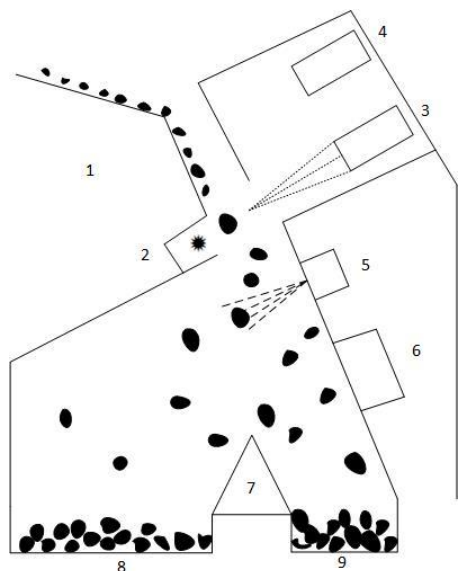
Nagyon fontos lépés, hogy az anyagáramból kiszűrjük az esetlegesen bekerült fémes anyagokat, gondolni kell itt például a szelektív gyűjtőkonténerbe az italos üvegekkel együtt bekerült zárókupakokra. Ezek leválasztásának az egyik elterjedt megoldása a mágneses szalagszeparátor, aminek vázlatos rajza látható az 5. ábrán. [10]



5. ábra. Mágneses szeparátor vázlatos rajza [14]

3.1.4. Optikai válogató

Miután az anyagáramunkból eltávolítottuk az idegen anyagokat, jöhet a szín szerinti, úgynevezett optikai válogatás, amely során a vegyes üveghulladék áramból leválasztjuk a fehér üveghulladékot. Ennek az eljárásnak az egyik lehetséges módját mutatja be a 6. ábra.



Jelölések:

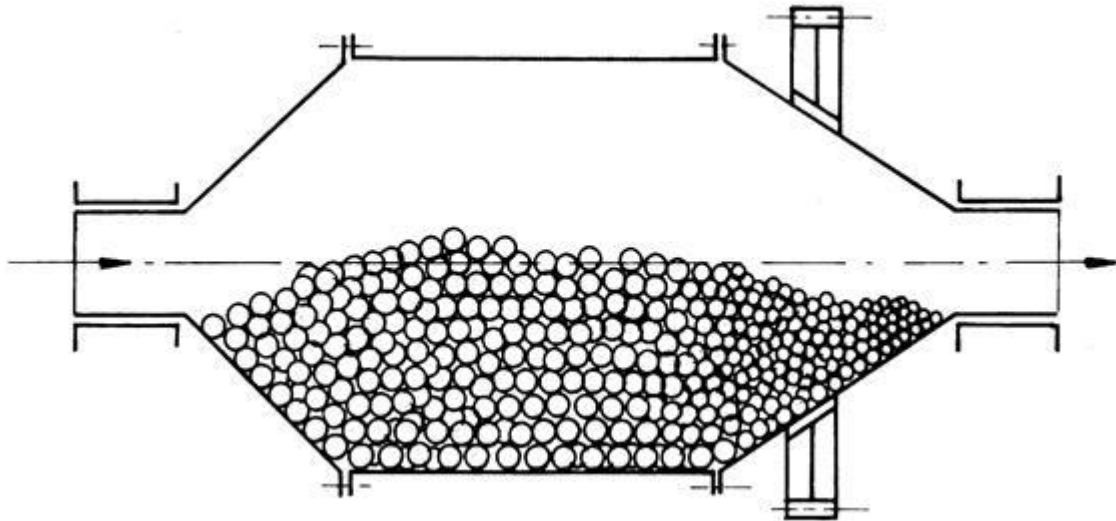
1. Csúszda
2. Világítás
3. CCD sorkamera
4. Képfeldolgozás
5. Kifűvő rendszer
6. Szelepvezérlés
7. Elválasztó pajzs
8. Szennyező anyag
9. Megtisztított anyag

6. ábra. Optikai válogató vázlatos rajza (saját szerkesztés)

Az 1-es számmal jelölt vibrációs csúszdán érkező anyagáram egy ferde csúszdán felgyorsul és elválasztásra kerül. Az elválasztott részecskék a 2-es számmal jelölt világító sor mellett leesnek, ahol a fehér fény által átvilágításra kerülnek. Ezt a fehér fényt a leeső részecskék színüknek megfelelően megszűrik. A részecskék a 3-as számmal jelölt sorkamerához kerülnek. A fény itt piros, zöld és kék alapszíneire bontódik fel. A képfeldolgozás – 4-es szám az ábrán – folyamán az osztályozás jó vagy hibás színosztályokra történik. A hibás színek egy levegő impulzus - 5-ös részegység – által kifúvásra kerülnek. Ehhez a képkéértékelés egy jelet küld a szelepvezérlésnek (6), ami megfelelő, időben késedelemmel bekapcsol egy szelepet úgy, hogy az anyagáramból a részecske eltávolításra kerül. [15]

3.1.5. Golyósmalom

Az optikai válogató után keletkezett egyszínű, tiszta üveghulladék anyagáram egy újabb szemcseméret csökkentő berendezésen kerül átvezetésre. Az őrlés során az osztályozott üveghulladékot kisebb szemcseméretűvé finomítjuk, amelynek végeredményeként 1 mm alatti átlagos szemcseméretű terméket kapunk. Kulcsfontosságú lépést jelent az üveg finom őrlése. Az őrlésnél a leggyakrabban alkalmazott berendezés a golyósmalom, aminek működési elvét mutatja be a 7. ábra. Kemény és lágy anyagok, száraz és nedves őrlésre egyaránt alkalmas, nagyteljesítményű gépek [11]. Az őrlőtér vízszintes tengely körül forgó hengeres és kúpos részekből álló acélköpeny, amelyet belülről páncéllattal védenek a kopástól. Az aprítást szabadon mozgó őrlőgolyók végzik ütéssel, nyomással, ütközéssel, dörzsöléssel. A nyakcsapágyakon feltámasztott malomtestet fogaskerék-koszorún át hajtják. Az őrlőteret gyakran válaszfalakkal kamrákra osztják, így az őrlési finomság előrehaladtával a legmegfelelőbb nagyságú és alakú őrlőtesteket alkalmazhatják. Az őrlőmalom aprítási fokát és a fajlagos őrlési munkát a feladásra kerülő, őrlendő anyag és az őrlemény 80%-os szemcsemérete (a feladás és az őrlési finomság) határozza meg [16]. Manapság már bebizonyosodott, hogy az őrlés a részecskeméret csökkentése mellett szerkezeti és kémiai változásokat okoz az őrlőanyagban is. Az őrlési folyamat irányítható az elsődleges mechanokémiai folyamatok elősegítésével és a másodlagos folyamatok csökkentésével [17].



7. ábra. Golyósmalom vázlatos rajza

4. Összefoglalás

A cikkben meghatározott technológia azt a célt szolgálja, hogy a körkörös gazdaság érdekében a selektív begyűjtésből származó háztartási üveghulladék visszakerüljön a körforgásba, mint üvegliszt, ami felhasználható a jelenleg egyre inkább – főképpen az építőiparban – használatos üveghab alapjául. Az üveghab egyre inkább terjedő felhasználásának a hátterében a viszonylag nagy szilárdsága és kis sűrűsége áll. Az üveghab többféle üveg alapanyagból is készülhet [9], nemcsak háztartási üveghulladékból, de a környezetünk megóvása érdekében szorgalmazni kell azon technológiákat, amikkel a háztartásokban keletkező öblősüveg (ide tartoznak a befőttes üvegek, üdítő-, sörös-, boros-, pezsgős- és egyéb italos üvegek, az étkezési olajok üvegei, stb.) további feldolgozásra kerül. Ilyen technológia a cikkben bemutatott eljárás is, amivel az üveghulladékból üveglisztet kapunk.

Irodalom

- [1] Mannheim V., Fehér Zs., Siménfalvi Z.: Innovative solutions for the building industry to improve sustainability performance with Life Cycle Assessment modelling. In Solutions for Sustainable Development; Taylor & Francis Group: Milton Park, UK, 2019. <https://doi.org/10.1201/9780367824037-31>
- [2] EUR-Lex: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018L0852&from=HU>
- [3] Mannheim V.: Examination of Thermic Treatment and Biogas Processes by LCA. Annals of Faculty Engineering Hunedoara - International Journal of Engineering 2014, 12:225-234
- [4] Mannheim V., Siménfalvi Z.: Determining a priority order between thermic utilization processes for organic industrial waste with LCA. Waste Management and the Environment VI. WIT Transactions on Ecology and the Environment 2012, 163:153-166 <https://doi.org/10.2495/WM120151>
- [5] <https://denkstatt.eu/szolgaltatasaink/eletciklus-elemzes/?lang=hu>
- [6] Nigri E.M., de Barros A.C., Rocha S.D.F., Filho E.R.: Assessing environmental impacts using a comparative LCA of industrial and artisanal production processes: “Minas Cheese” case, Food Sci. Technol 2014, 34(3):522-531 <https://dx.doi.org/10.1590/1678-457X.6356>
- [7] Piotrowska K., Kruszelnicka W., Bałdowska-Witos P., Kasner R., Rudnicki J., Tomporowski A., Flizikowski J., Opielak M.: Assessment of the Environmental Impact of a Car Tire throughout Its Lifecycle Using the LCA Method, Materials 2019, 24(12):4177 <https://doi.org/10.3390/ma12244177>
- [8] Szűcs E., Budai I., Matkó A.: Környezetmenedzsment, https://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0021_Kornyezetmenedzsment/0021_Kornyezetmenedzsment.pdf
- [9] Simon A., Voith K., Mannheim V.: Investigation of different foam glasses with Life Cycle Assessment method, Solutions for Sustainable Development – Szita, Jármái & Voith (eds.) © 2020 Taylor & Francis Group, London, ISBN 978-0-367-42425-1
- [10] Nagy B.: Kommunális gépek I., Digitális tankönyvtár: Környezetvédelem, https://regi.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop412A/2010-0019_Kommunalis_gepek_I/ch06.html
- [11] https://www.tankonyvtar.hu/en/tartalom/tamop425/2011_0001_519_44580_Vegyipari_Muvelet_tan/ch02s06.html

- [12] <https://vbpartner.hu/termek/ropito-toro-alkatreszek/>
- [13] http://www.petrik.hu/files/Tananyagtar/Bertalan%20Zsolt/Vegyipari_muveletek_2uj.pdf
- [14] <https://docplayer.hu/7441979-6-betontechnologiai-gepek-i.html>
- [15] file:///C:/Users/Katalin/Downloads/A_bekescsabei_hulladekvalogato_bemutatasa.pdf
- [16] Mannheim V., Siménfalvi Z.: Determination of Power Consumption for Suspension Mixing in Stirring Equipments and Stirred Ball Mills. *Journal of Materials Science and Engineering* 2012, 7:572-578
- [17] Mannheim V.: Empirical and scale-up modeling in stirred ball mills. *Chemical Engineering Research and Design* 2011, 89(4):405-409 <https://doi.org/10.1016/j.cherd.2010.08.002>