

# A HULLADÉKFELDOLGOZÁS SZEPARÁTORAI

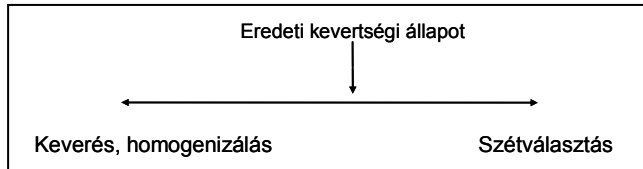
## Első rész: Száraz szeparátorok

Prof. Dr. Csőke Barnabás, Miskolci Egyetem

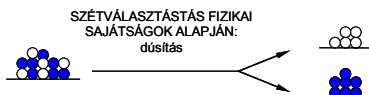
Nyersanyagelőkészítési és Környezeti Eljárástechnikai Intézet

A mechanikai szeparátorok a részecskékből (szemcsékből, cseppekből, buborékokból) álló többkomponensű diszperz rendszer fizikai keverék állapotát változtatják meg.

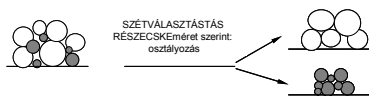
A keverékállapot változással járó folyamatok a szétválasztás és keverés.



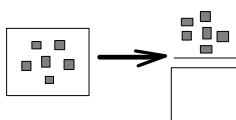
**SZÉTVÁLASZTÁSSAL** a keverék komponenseit fizikai, fizikai-kémiai erők révén külön-külön termékekbe nyerjük ki.



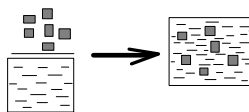
**Dúsítás:** a szilárd keverékek kémiaileg egységes komponenseit fizikai, fizikai-kémiai erők révén (a szemcsék fizikai, ill. fizikai-kémiai tulajdonságaiban meglévő különbség alapján) külön-külön, lényegében csak a kérdéses alkotóból álló, termékekbe, koncentrátumokba nyerjük ki.



**Osztályozás:** ha a szétválasztással kapott a termékek csak méretükben különböznek egymástól, azaz a szemcsék szétválasztása méret szerint valósul meg, akkor osztályozásról beszélünk.



**Fázisszétválasztás** során a heterogén keverék komponenseit halmazállapot szerint különítjük el: ekkor szilárd-gáz, szilárd-folyadék, folyadék-folyadék, folyadék-gáz fázisok egymástól való elválasztása történik.



**KEVERÉS** során különböző (kémiaileg egységes) anyagokat, komponenseket egyesítünk (köztük kémiai kötés nem jön létre).

1. ábra

A hulladékgazdálkodásban különösen is fontos szerepet töltenek be a többkomponensű szemcsehalmazok szemcséi között meglévő fizikai különbségen alapuló dúsítási eljárások, és berendezéseik a szeparátorok. E munka éppen ezért a dúsítási eljárásokra és szeparátorokra fordítja a fő figyelmet, ismertetve röviden a működési elveiket, és alkalmazási területüket.

## 1. Dúsítási eljárások

Láttuk a dúsítási eljárások a szemcsék (darabok) között meglévő fizikai, fizikai-kémiai tulajdonságbeli különbségen alapszanak. Ily módon lehet elválasztani egymástól pl. a jól mágnesezhető szemcséket a kevésbé mágnesezhetőtől vagy a diamágneses szemcséktől, a jól vezető szemcséket a nemvezetőtől, félvezetőtől. Következésképpen annyi dúsítási eljárás van (lehetséges) ahány fizikai jelenséget ismerünk.

A szétválasztásnak az is feltétele azonban, hogy a szemcsék eltérő anyagminőségűek legyenek. A hulladékdarabokban, például számítógépben, monitorokban azonban a szerkezeti anyagok –vas és nemvas-fémek, műanyagok, üveg- egymással szorosan egymással összekapcsolva fordulnak elő, meg kell tehát őket egymástól szabadítani (fizikai feltárás). Ezt aprítással valósítjuk meg.

1.táblázat: Az eredményes szétválasztás érdekében szükséges aprítási, őrlési finomság

Hulladékfajta	Aprítás szükséges szemcsemérete, [mm]
Személyautó	65
Akkumulátor	30
Telefon	5
Komputer	2
Chipek	1
Fémvezetővel rétegezt műanyaglapok (NYÁK)	0,5

Az aprítás mértéket az adott elhasznált eszközben a szerkezeti anyagok legkisebb mérete határozza meg (1.táblázat). A dúsítás tehát az aprítással feltárt komponensek (egykomponensű szemcsék) egymástól való szétválasztása a komponensek (a hulladékfeldolgozásban rendszerint szerkezeti anyagok szemcséi) között meglévő fizikai, fizikai-kémiai tulajdonságbeli különbség alapján. A legfontosabb eljárásokat az alábbi 2.táblázat foglalja össze.

1. táblázat. A hulladék-feldolgozás mechanikai dúsítási eljárásai mai ipari gyakorlatban

Anyagtulajdonság	Ipari eljárások
<b>Sűrűség</b>	- nehézkegben történő szeparálás - ülepítés - szérelés - csatornamosás - közegárammal való szétválasztás
<b>Elektromos vezetőképesség, dielektromosság</b>	- elektrosztatikus szeparálás - örvényáramú szeparálás - elektromos válogatás
<b>Mágneses szuszceptibilitás</b>	- mágneses szeparálás - szétválasztás mágneses folyadékban
<b>Optikai tulajdonságok</b>	- optikai válogatás (szín, fényvisszaverés, fényáteresztő képesség alapján)
<b>Hőtani sajátosságok</b>	Szeparálás eltérő - hővezetés, hőkapacitás, - hőtérkép -lágulási hőmérséklet és tapadó képesség alapján
<b>Sugárzás</b>	- radiometrikus válogatás - röntgensugaras válogatás - infrasarkanos válogatás
<b>Alak szerinti szeparálás</b>	- alak-szeparálás
<b>Szilárdsági, törésmechanikai tulajdonságok</b>	- szelektív aprítás (és osztályozás)
<b>Szétválasztás felületi (adszorpciós, adhéziós) tulajdonságok alapján</b>	-flotálás

A dúsítás rendszerint azon az anyagtulajdonságon alapszik, amelyben az adott szemcseméretnél, amelyre a feldolgozandó elhasznált eszközt szerkezeti anyagai feltárása

érdekében le kellett aprítani, legnagyobb az eltérés a szétválasztandó szemcsék között. A fémtartalmú hulladékok esetében például a különböző szerkezeti anyagok szétválasztására elsősorban a sűrűség, a mágneses és az elektromos tulajdonságok eltérése alapján nyílik lehetőség (2.táblázat).

2.táblázat: Szerkezeti anyagok főbb fizikai tulajdonságai

<b>Anyag</b>	<b>Elektromos vezetőképesség</b> $\sigma \cdot 10^6, \Omega^{-1} m^{-1}$	<b>Sűrűség</b> $\rho \cdot 10^{-3}, kg/m^3$	<b>Mágneses szuszceptibilitás</b> $\chi \cdot 10^9, m^3 kg^{-1}$
Aluminium (ötvözet)	34,1-37,4	2,4-2,8	16-21
Réz (ötvözet)	56,8-57,1	8,9	0,05-0,06
Nem ötvözött acél	24,3-26,7	7,9	19000 - 21000
Ötvözött acél	1,4-1,9	8,0	0,8-2,0
Cink	17	7,1	-1,4
Ólom	5	11,4	-1,1
Ezüst	63	10,5	
Műanyagok	-	0,8-1,45	-
Gumi	-	1,6	-
Kátrány	-	1,1	-
Fa	-	0,5-1,3	-
Kerámia	-	2,8-3,7	-
Üveg	-	2,8	-

A dúsítási eljárások csoportosíthatók a közeg szerint is: ilyen módon megkülönböztünk száraz és nedves eljárásokat. Jelen munka első része a száraz eljárásokat ismerteti (kivéve a válogató eljárásokat).

#### Száraz dúsítási eljárások

- sűrűség szeparálás légárammal (száraz gravitációs eljárások):
  - o száraz áramkészülékben,
  - o légszérrel,
  - o aerocsatornában
  - o légülepítőgéppel,
- mágneses szeparálás,
- elektromos szeparálás:
  - o elektrosztatikus,
  - o örvényáramú szeparálás.
- kézi és gép válogatás optikai és más saját vagy gerjesztett sugárzás érzékelése, elektromos vezetőképesség mérése révén, hőtani sajátosságok alapján

#### Nedves dúsítási eljárások:

A nedves sűrűség szerint eljárásoknál

- a száraz áramkészüléket és a légszért, nedves áramkészülék és szer,
- az aero csatornát és légülepítőgépet a nedves csatorna és ülepítőgép
- vagy nehézkezegetes, ill. nehézsuszpenziós készülék váltja fel,
- vagy éppen a magnetohidrosztatikus szeparátor váltja fel.

A száraz mágneses eljárást finomabb anyagra a nedves mágneses szeparálás szorítja ki.

## 2. Száraz gravitációs dúsítás (Dry gravity concentration)

A sűrűség szerinti száraz szétválasztás (dry density separation) történhet áramkészülékekben ellenáramú vagy keresztáramú légáramban süllyedési végsebesség szerint, vagy légárammal fluidizált ágyban sűrűség szerint aerocsatornával, légszérrel vagy légülepítőgéppel. Alkalmazási területeiket az alábbi táblázat foglalja össze.

3.táblázat: Száraz gravitációs eljárások alkalmazási területe

Dúsítási eljárás, készülék	Szem- cseméret [mm]	Szétválasztási (dúsítási) feladat				
		Roncsautó: fém / műanyag elválasztás	Autógumi: gumi/ szövetelvá- lasztás	Elektrotechnikai hulladék fém / műanyag elválasztás	Kábel hulladék fém / műanyag- gumi elválasztás	Könnyűfémek / Nehézfémek elválasztás
Ellenáramú száraz áramkés- zülék	< 300	++	+	+	++	+
Légülepítőgép	< 3			+	++	
Aero-csatoma Légszér	0,6... 3 <4 ; < 15*		++	+	++	
Úsztatás aero-szusz- penzióba (szilárd-fluidágyas berendezés)	5...50				+	

+ hatásos, ++ igen hatásos /\*szűkebb frakciókra

### 2.1. Légáramban történő szétválasztás áramkészülékekkel (air classification, pneumatic sorting)

A közegáramban való sűrűség szerinti elválasztás alapja a szemcsék eltérő süllyedési végsebessége. Az eredő erők egyensúlyi helyzetre vonatkozó összefüggésből ( $\sum F = 0$ ) a behelyettesítések után a süllyedési végsebesség meghatározható (1.ábra). Megállapítható, hogy a szemcsék vertikális és radiális irányú (centrifugális erőtérben) süllyedési végsebesség több tényező, nevezetesen  $d$  szemcseméret,  $\rho_s$  szemcse- és  $\rho_k$  közegsűrűség viszonyának, a  $c_E$  közegellenállási tényezőnek (és ezen keresztül a szemcsealagnak), valamint az erőtér gyorsulásának (abszolút értékének és irányának) egyaránt függvénye.

**Szemcsemozgás gravitációs erőtérben, nyugvó közegben**

$$\sum F = M \left( \frac{dv}{dt} \right)$$

Szemcsemozgás differenciál egyenlete

$$m \frac{dv}{dt} = F_g - F_h - F_k$$

$$F_g = V_s \rho_s g$$

$$F_h = V_s \rho_k g$$

$$F_k = c_E A \frac{\rho_k v^2}{2}$$

$$v_o^2 = \frac{4d}{3c_E} \frac{\rho_s - \rho_k}{\rho_k} g$$

**Szemcsemozgás centrifugális erőtérben, nyugvó közegben**

$$\sum F = M \left( \frac{dv}{dt} \right)$$

Szemcsemozgás differenciál egyenlete

$$m \frac{dv}{dt} = F_c - F_h - F_k$$

$$F_c = V_p \omega^2 r = V_p \frac{v_i^2}{R}$$

$$F_h = c_E A \frac{\rho_k v_i^2}{2}$$

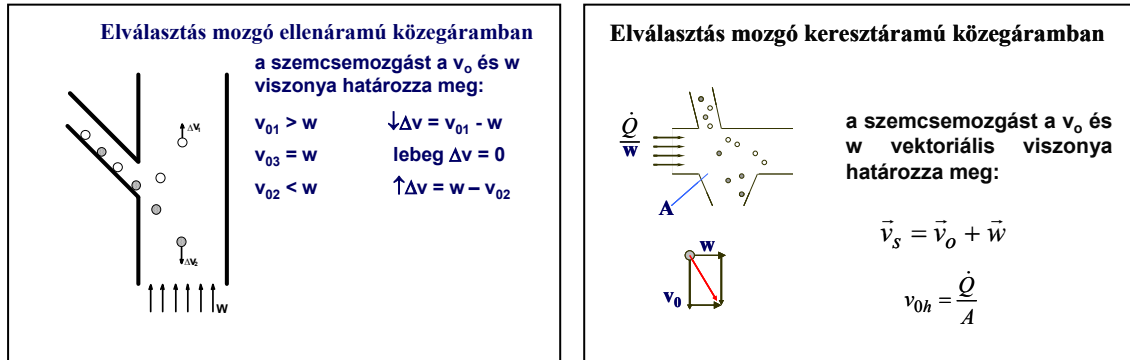
ill.

$$F_k = V(\rho_s - \rho_k) \frac{v_i^2}{R}$$

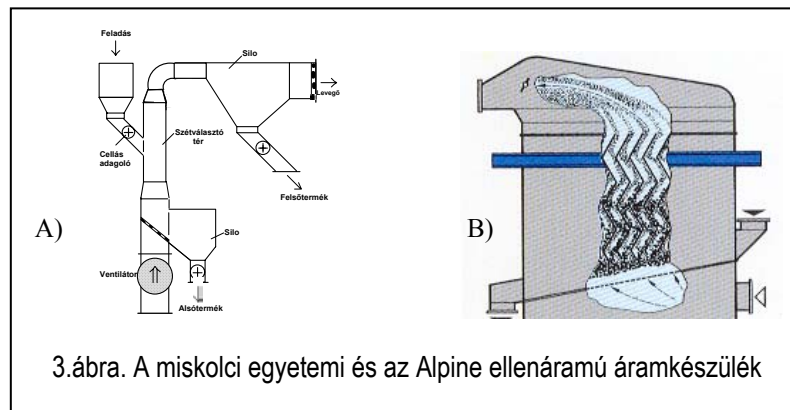
$$v_{ro}^2 = \frac{4}{3} \frac{d}{c_E} \frac{\rho_s - \rho_k}{\rho_k} \frac{v_i^2}{R}$$

A szétválasztó szöglet vagy pneumatic separator = vertical air classifier, ill. horizontal air classifier). A süllyedési végsebesség szemcsékkel szemben (up-stream készülék).

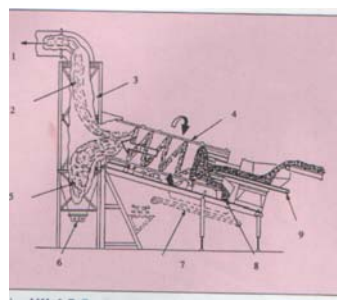
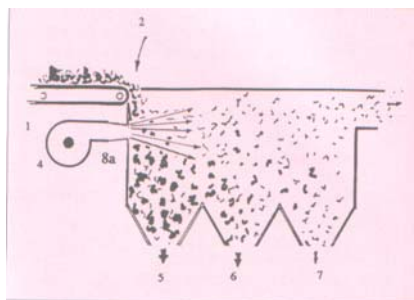
ség alapján a szétválasztás az ellenáramú áramkészülékekben például oly módon valósul meg, hogyha szemcséket mozgásukkal szemben áramló közegbe helyezünk, akkor azok a szemcsék, amelyeknek nyugvó közegben kisebb volt a süllyedési sebessége ( $v_0$ ), mint a közegáram sebessége ( $w$ ), azokat a közeg magával ragadja; a közegáramnál nagyobb süllyedési sebességű szemek pedig a közeggel szemben haladva kiülednek (2.ábra).



## 2. Szeparálás áramkészülékkel ellen- és keresztáramú közeggel



A Miskolci Egyetem Nyersanyagelőkészítési és Környezeti Eljárástechnikai Intézetében készült, és az Alpine cég által gyártott cikk-cakk a dúsító légáramkészüléket a 2.ábra szemlélteti. Az Miskolci Egyetemen elvégzett kísérletek tanúsága szerint a légáramkészülékkel nemcsak a könnyű fa, műanyag, papír, gumi választhatók el hatásosan a fémektől vagy a betontól, téglától, hanem például a téglát a betontól is.

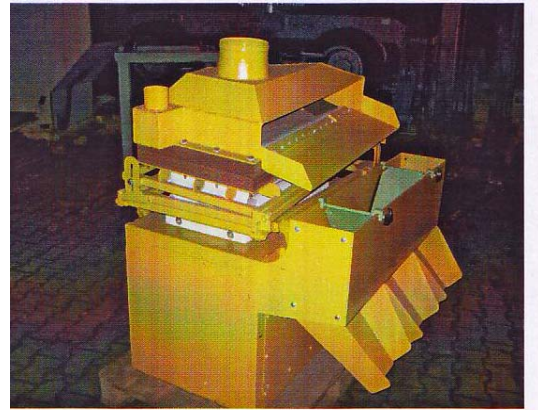
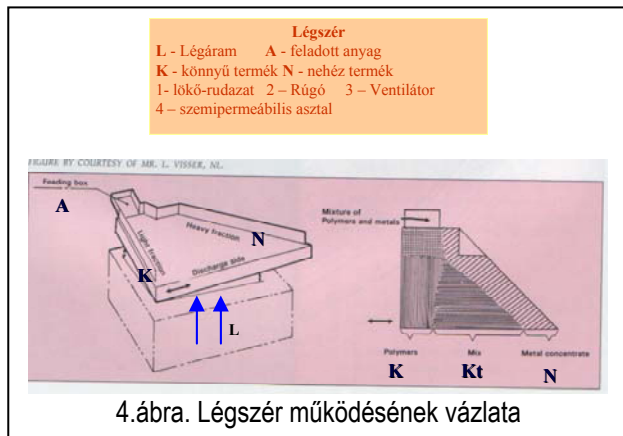


3.ábra. Keresztáramú áramkészülékek  
**2.2. (Sorting by aero-tables and aero-chute)**

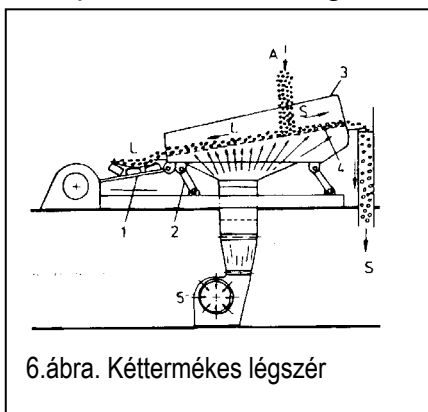
**val**

A keresztáramú áramkészüléket (3.ábra) alkalmaznak gyakran a roncsautók, az építési hulladékok feldolgozásakor a könnyűfrakció kinyerésére, valamint a szilárd települési hulladékokból nagyfűtőértékű másodtüzelő-anyag termék előállítására.

A légszerek (aero-tables) szemimpermeábilis (perforált) asztalán átáramló, a ventilátor által szállított levegő fluid ágyat hoz létre, amelyben a nagyobb sűrűségű szemek az asztra ülednek, és e szemeket a vibrációs asztal a lejtőn felfelé kihordja, miközben a kissűrűségű fluidizált szemcsék a lejtő irányába lefolynak a szérasztról. A légszerek kapacitása: 1...2 t/h.m<sup>2</sup>

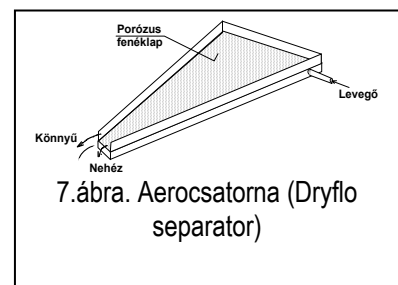


A 4. ábra szemlélteti, hogy a tiszta kissűrűség (K) és a tiszta nagysűrűségű (N) mellett, kevert középtermék is keletkezik, amelyet tisztítani szükséges: vagy a feladáshoz (A) való visszavezetéssel, és ismételt légszérés szeparálással, vagy például elektrosztatikus szeparálással, esetleg nedves széreléssel.

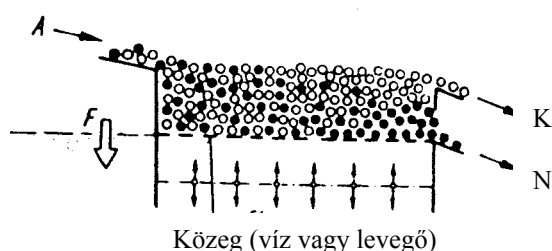


A kéttermékes légszérrel (5. ábra), ahol a szérlapon a szemcsék a nem legyezően, hanem csak lefelé (könnyűek) és felfelé (nehézek) haladnak a középtermék keletkezése elkerülhető. A légszerek alkalmazása igen széleskörű, elterjedtek az elektronikai hulladékok, az autóroncok, a kábelek előkészítésében, faforgácsból a fémek, malmokban őrlés előtt a búzából közzsemcsék kinyerésére. Megfelelő sűrűségkülönbség esetén alkalmasok műanyagok (PE/PVC) egymástól való elválasztására is.

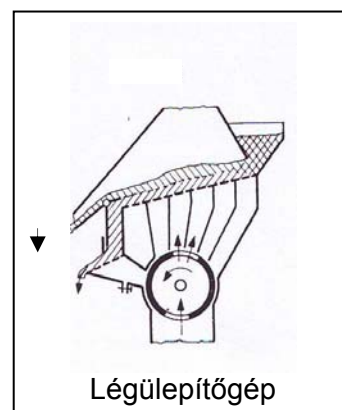
Az aero-csatorna (aero-chute) a legutóbbi időkben bevezetett száraz dúsító berendezés (7. ábra), ahol az enyhén dőlt és lefelé szűkülő csatornában az alulról bevezetett levegő hatására fluidizált ágy (és lefelé irányuló szemcseáramlás) alakul ki, amelyben a nehezebb és nagyobb süllyedési végsebességű szemcsék a csatorna aljára dúsulnak fel, miközben könnyebbek és kisebb süllyedési végsebességű szemcsék pedig az ágy felsőrétegébe szállítódnak. Az elkülönült szemcserétegek a csatornavégen terelőlappal egymástól elvezethetők. Kábelhulladék (<3 mm) szortírozásban nyert alkalmazást.



Az ülepítés lényege gép szitáján levő szeparálásra feladott szemcsehalmaz szakaszos fel-fellazítása és a szitára való visszaülepítése, miáltal az anyagréteg sűrűség szerint rendeződik. A fellazítás vagy szita, vagy pedig a közeg (levegő vagy víz pulzáló) mozgásával érjük el. A sűrűség szerinti szétrétegződés annak köszönhető, hogy az ülepítőgép szitáján lévő szemcsehalmaz-ágyban a fellazított állapotban is nagy a szilárd részek térfogataránya, amely a rétegek összezáródásakor még nagyobbra növekszik. Minél nagyobb szemcsék térfogataránya az ágyban, annál nagyobb az ágyat alkotó szilárd szemcsék és a köztük levő közeg a sűrűsége, és ezzel együtt az ágy szemcséire gyakorolt felhajtóerő. Az ágy (jelen esetben levegő-szilárd keverék) sűrűségénél nagyobb sűrűségű szemek leülepednek az ágy aljára, a kisebb pedig felúsznak az ágy tetejére.

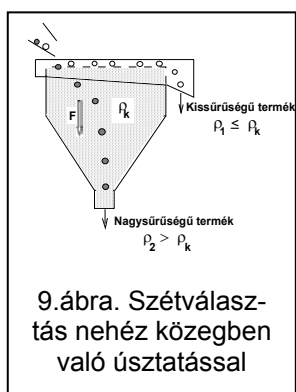


8. ábra. Dúsítás ülepítéssel  
A - feladás; N - nagysűrűségű termék; K - kisműködésű termék

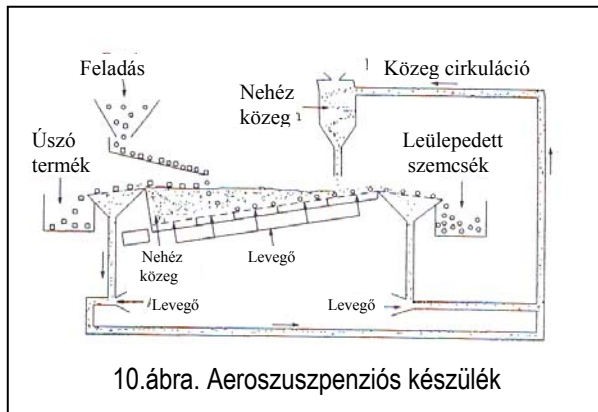


A légülepítőgép alkalmazása a légszérékével közel megegyező, fő területek: az elektronikai hulladékok, a kábelek előkészítésében műanyag-fém elválasztás, faforgácsból a fémek, közetszemcsék kinyerésére, sárgaréz forgács elválasztása az alumínium forgácstól, szilárd települési hulladékból a másodtüzelőanyag előállításakor a közetszemcsék leválasztása. Kapacitása: 2...4 t/h.m<sup>2</sup>.

### 2.3. Szétválasztás aeroszuszpenzióban (separation in aerosuspension)



A nehézközeges berendezés egy tartály, amelyben a különböző sűrűségű szemcséket kilülepítéssel és úsztatással (sink-float separation) választjuk el egymástól oly módon, hogy a tartályba adott  $\rho_k$  sűrűségű közeget (valódi folyadékot = nehézfolyadékot vagy nehéz finom szemcsékből és vízből vagy jelen esetben levegőből képzett szuszpenziót) vezetünk ill. hozunk létre (9. ábra). A közegre feladott szemcsék közül a közegsűrűségénél  $\rho_1 \leq \rho_k$  kisebb szemek úsznak és a közeggel együtt eltávoznak a tartályból, amíg a közegnél nagyobb sűrűségűek ( $\rho_k \leq \rho_2$ ) leülepednek a tartály aljára, ahonnan rendszerint kihordó szerkezettel távolítják el.



10. ábra. Aeroszuspenziós készülék

Az aeroszuspenziós szeparátor esetében, a perforált tartály csatornatartályban (10. ábra) valamilyen finom nagy-sűrűségű szemcsék (pl. 100-400  $\mu\text{m}$  kvarchomok, magnetit, hematit vagy cirkonszilikát) és levegő keveréke képezik a közegágyat. A közegszemcséit a perforáció nyílásain beáramló levegő fluidizált állapotba tartja.

Erre lebegő szemcsékből álló ágyra (aeroszuspenzióra) vezetjük a közeg szemcséinél durvább szeparálandó anyagot, ahol az aeroszuspenziónál nagyobb sűrűségű szemcsék leülepedik a tartály (csatorna) aljára, a kisebbek felúsznak a fluid ágy tetejére. A két terméket a közeggel együtt vezetik el, majd a közeget a könnyű és nehéz termékektől szitával elválasztják. Leggyakrabban 10...50 mm méretű szemcséket adnak fel, de van példa ettől elétérő szemcseméretre: durva >3 mm aprított kábelhulladék, 4-16 mm roncsautó-töret, égetőműi fémtartalmú salak esetében is alkalmazást nyert.

### 3. Mágneses szeparálás

A vas (valamint más ferromágneses és jól mágnesezhető fémek) leválasztásának leg-hatékonyabb módszere a *mágneses szeparálás*. A mágneses szeparátorok igen széles kört képviselnek, most csak a hulladékfeldolgozásban leggyakrabban alkalmazott vaskiválasztó száraz szeparátorokat emeljük ki.

A permanens vagy elektromágnessel üzemelő vaskiválasztó berendezések lehetnek:

- kihordás nélküli függesztett vagy
- kihordással rendelkező mágneses szeparátorok.

Kialakításuk szerint:

- szalagos vaskiválasztók,
- vaskiválasztó dobok.

A *dobszeparátor* esetében a szemcse kinyerésének feltétele, hogy  $F_m$  mágneses erő nagyobb legyen az  $F_c$  centrifugális erőnek, valamint az  $F_g$  nehézségi erő radiális komponensének az összegénél:  $F_m > F_c + F_g \cos \alpha$  (11. ábra).

A felsőszalagos mágneses szeparátorok esetében egyrészt teljesülnie kell az  $F_m > F_g$  erőfeltételnek, azaz a testre mágneses erő nagyobb a ráható nehézségi erőnél, másrészt annak a dinamikai feltételnek is, amely szerint amíg a szemcse  $v$  szalagsebességgel megteszi horizontálisan a mágneses szeparátor szélességének megfelelő  $L$  utat, addig a kinyeréséhez vertikálisan meg kell tennie a szalag és a szeparátor közötti  $H$  távolságot is (11. ábra).





A mágneses dobsze-  
rátorok a dob szélvénye  
vonatkoztatott kapacitá-  
sa 10...20 t/h.m<sup>2</sup>.

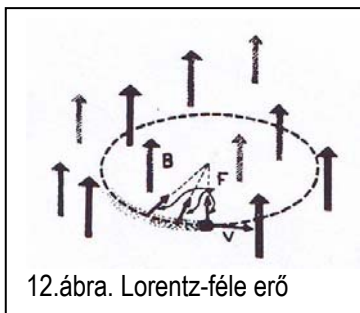
A felsőszalagos sze-  
rátorok kapacitása 1m sza-  
lagszélességre 50 t/h.m  
(szalagsebesség: 1 m/s)

11. ábra. A mágne-  
ses sze-  
rátorok  
vaskiválasztásra

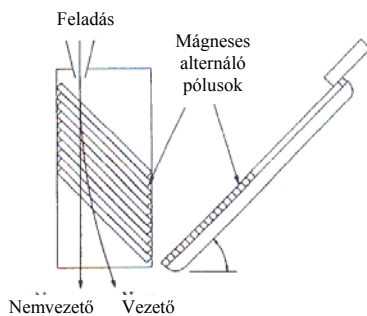
#### 4. Elektromos szeparálás

Az elektromos szeparálás igen fontos szerepet tölt be a fémtartalmú hulladékok szétvá-  
lasztásában elsősorban a vezető és nemvezető anyagok egymástól való elkülönítésé-  
ben. A durvább szemcséket örvényáramú szeparátorokkal, a finomabbakat elektroszta-  
tikus berendezésekkel választhatjuk el egymástól (4.táblázat). Az elektromos szétvá-  
lasztás eljárásait és berendezéseit a 4.táblázat és 12.-14.ábra mutatja be.

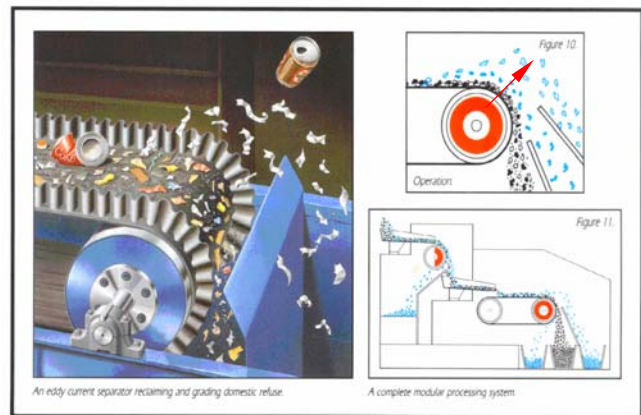
##### 4.1. Örvényáramú szeparálás (*eddy current separation*)



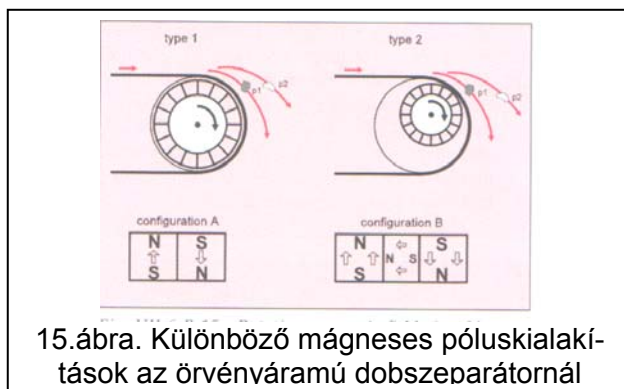
Az örvényáramú szeparálás azon jelenségen alapszik, hogy **B** mágneses indukciójú térben **v** sebességgel mozgó vezetőben a Lorentz-erő (merőleges esetben:  $F = QBv = IB\ell$ ) a töltést körpályára kényszeríti (12.ábra), és a keltett örvényáram mágneses tere éppen ellenkező hatású, mint az őt létrehozó **B** mágneses tér, miáltal a vezetődarab a **B** és **v** által meghatározott síkra merőlegesen elmozdul (elhajítódik), 13.ábra. Mindez a nemvezető anyag szemcsé-  
inek, darabjainak mozgására nincs befolyással.



13.ábra. Örvényáramú lapszeperátor



14.ábra. Örvényáramú dobszeperátor



15.ábra. Különböző mágneses póluskialakítások az örvényáramú dobszeperátornál

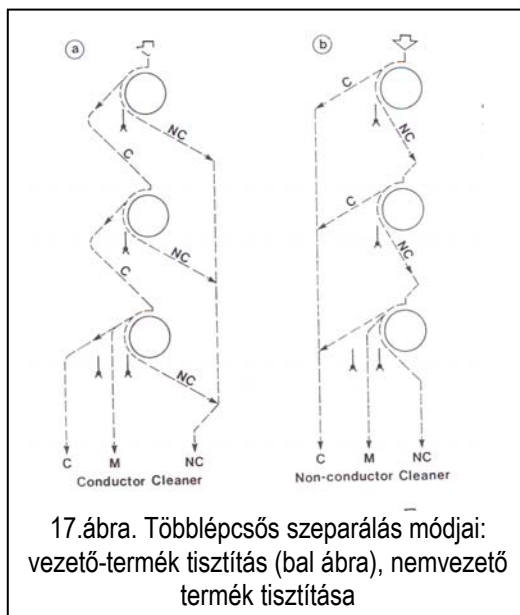
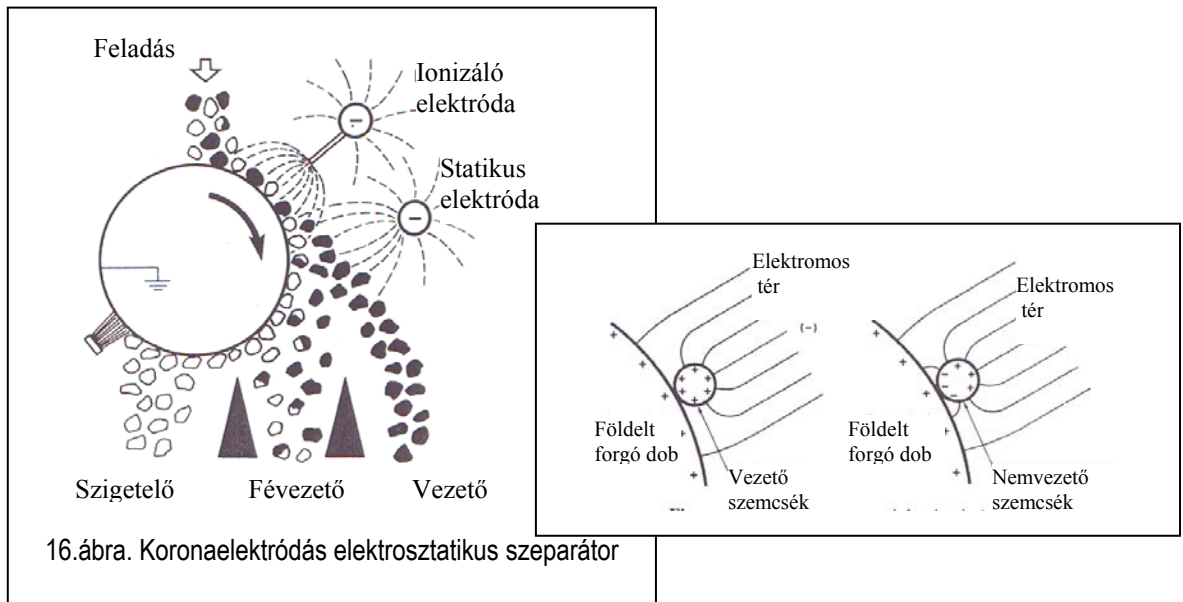
A legelterjedtebben alkalmazott örvényáramú dobszeperátorok pólusképzést a 15.ábra szemlélteti. Az Örvényáramú szeperátorok alkalmasak nemcsak a nemvezető (műanyagok, gumi, üveg, kőzet) és vezető, hanem a különböző vezetőképességű nemvas-fémek (Al-Cu, Al-sárgaréz) szemcséinek egymástól való elválasztására is.

A feladás szemcsemérete leggyakrabban 10...70 mm, de élesebb, pontosabb elválasztás valósítható meg, ha a szemcsehatárok szűkebbek (pl. 5-15, 15-35, 35-70 mm). Az újabb generációs szeperátorok alkalmasok 3 mm-ig történő szétválasztásra is (Lindemann - szeperátor). Az örvényáramú szeperálást a vasleválasztás (mágneses szeperálás) előzi meg. A fenti (13. és 14.ábra) lap és dob szeperátorok mellett számos más kialakításuk is ismert attól függően, a mágneses teret, ill. annak időbeli vagy térbeli változást hogyan valósítják meg: a változó mágneses teret forgó permanens mágnessel (dob-, tárcsaszeperátor), mechanikusan mozgatott egyenáramú (dob-, forgószeperátor) vagy rögzített váltóáramú (pl. lineáris motor) mágnessel hozzák-e létre.

#### 4.2. Koronaelektrodás elektrosztatikus dobszeperálás (Sorting by electrostatic corona separator)

Az vezető-nemvezető szemcsék szétválasztását szolgáló koronaelektrodás dobszeperátorok működése a szemcsék eltérő koronafeltöltődése (elektronok megtapadása a szemcsék felületén a korona elektróda által ionizált térben) és eltérő töltésvesztésén (áttöltődésén) alapszik, amelynek eredményeként fellépő eltérő elektrosztatikus (főként

$F_C = Q E$  Coulomb-) erők révén a vezető szemcsék a dobbal érintkezve vele azonos töltésre tesznek szert, és a dobról eltaszítódnak, a szigetelő szemcsék megtartván töltésüket a dobhoz tapadnak, amely magával szállítja őket (16. ábra). Az elektrostatikus koronaelektrodás dobszeparátorok elektromos tere 5...20 kV, feldolgozó képessége 0,5...1 t/h.m (1 m dobszélességre).

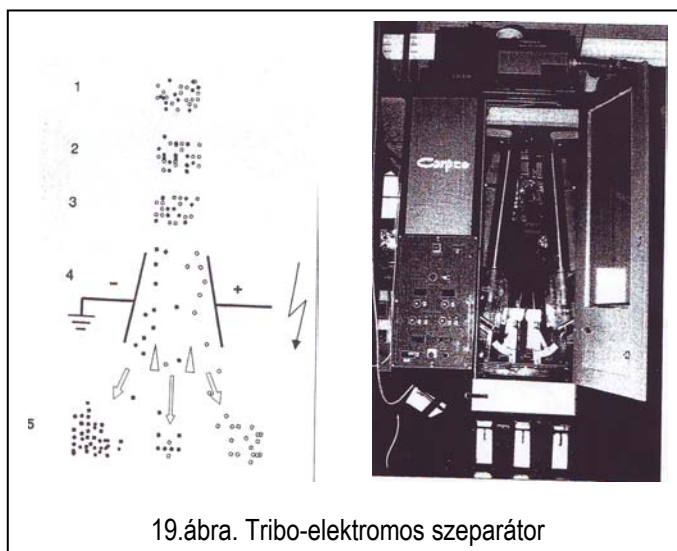
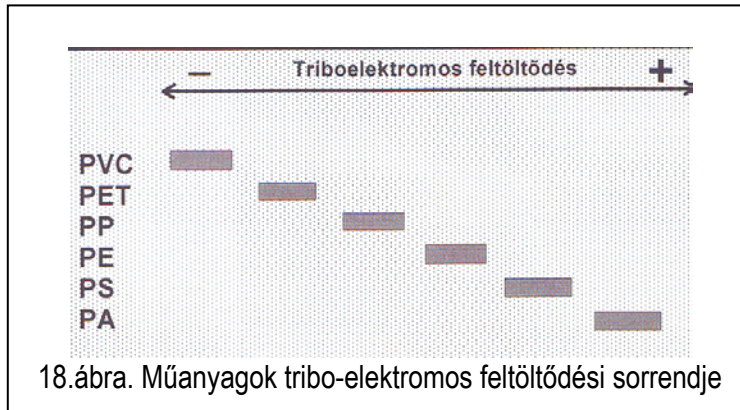


A megfelelően tiszta termék – tekintettel a kevert féltermékekre – rendszerint töblépcsős szeparálással érhetjük el (17. ábra).

### 4.3. Szeparálás dörzsölési elektrostatikus feltöltődés alapján (Sorting by tribo-electric separator)

A tribo-elektromos szeparátor működése az érintkezési elektrostatikus töltés (dörzselektromosság) jelenségén alapszik. Két különböző fajta anyag érintkezésekor ugyanis érintkezési potenciál keletkezik, amelynek következtében az egyik anyagról a másikra elektronok lépnek át, módon miáltal az egyik anyag negatív, a másik pozitív töltéshez jut. A

szigetelők esetében általában az a szabály érvényesül, hogy a nagyobb dielektromos állandójú szemcse pozitív a kisebb negatív töltésre tesz szert (Coehn-féle szabály). A műanyagok esetében érvényes sorrendet a 18.ábra szemlélteti. A célra alkalmas lap-szeperátort a 19.ábra tünteti fel.



A megfelelő feltöltődés tiszta nemvezető felület igényel (19.ábra), ezért keverék (1) a szemcséinek felületét meg kell tisztítani, kondicionálni (2) kell, majd intenzív keveréssel ütköztetni (feltölteni - 3) szükséges, csak ezek után következhet a szeparálás (4).

4.táblázat. Elektromos szétválasztási eljárások mutatja be összefoglalóan

Szétválasztási jellemző	Eljárás	Szétválasztás alapelve	Szortírozási feladat	Alkalmazási szemcseméret- határok
Elektromos vezetőképeség	Örvényáramú szeparálás	Örvényáram keletkezése mágneses térben mozgó vezetőben, örvényáram hatására fellépő mágneses tér (amely az őt létrehozó eredeti mágneses teret csökkenteni törekszik), ill. Lorentz-erő a vezető szemcsét eredeti mozgásirányától eltéríti (a nemvezető szemcséket nem).	Fémek-nemfémek egymástól való elválasztása	5...100 mm
Felületi	Elektroszeparálás	Eltérő koronafeltöltődés (elektro-	Fémek-nemfémek	

Szétválasztási jellemző	Eljárás	Szétválasztás alapelve	Szortírozási feladat	Alkalmazási szemcseméret- határok
vezetőképesség	koronaelektrodás dobszeválasztással	nok megtapadása a szemcsék felületén) és eltérő töltésvesztés (áttöltődés) és ezzel összefüggésben fellépő eltérő elektrosztatikus erők révén a vezető szemcsék a dobbal érintkezve vele azonos töltésre tesznek szert, és a dobrol eltaszítódnak, a szigetelő szemcsék megtartván töltésüket a dobhoz tapadnak, amely magával szállítja őket.	egymástól való elválasztása	0,02 ... 4 mm
Influencia-konstans (dielektromos állandó)	Elektrosztatikus szeparálás szabadesésű lapszeválasztással	Dörzselektromos feltöltődés (nagyobb dielektromos állandójú szemcsék a pozitívak) és ennek következtében a sztatikus térben eltérő mozgásirány.	Dielektrokumok, pl. műanyagok egymástól való elválasztása	< 5 (10) mm

## IRODALOM

- [1] Tarján,G.: Mineral Processing II. Akadémiai Kiadó, Budapest, 1981
- [2] Verfahrenstechnik.Mechanische.Verfahrenstechnik I./II. (Schubert, H.führ. Autor) utschner Verlag für Grundstoffindustrie.Leipzig , 1979.
- [3] Stieß, M.:Mechanische Verfahrenstechnik. Springer.Berlin.1993
- [4] Kelly,E.G.-Spottiswood,D.I.? Introduction to Mineral Processing. John Wiley and Sons, New York, 1982. pp.187.
- [5] Kellerwessel, H.: Aubereitung disperser Feststoffe: Mineralische Rohstoffe-Sekundärrohstoffe-Abfälle. VDI Verlag GmbH. Düsseldorf.1991
- [6] Matin Zogg: Einführung in die mechanische Verfahrenstechnik. B.G. Teubner Stuttgart. 1993
- [7] Budó, Á.: Kísérleti fizika II. Tankönyv, Budapest, 1979.
- [8] Tarján I: A mechanikai eljárás technika alapjai. (Egyetemi jegyzet). Miskolci Egyetemi Kiadó, 1997. ISBN 963 661 316 8
- [9] Böhringer, P.- Höff, K.: Baustoffe wiederaufbereiten und verwerten. AVS-Institut GmbH. Verlag 82008 Unterhaching. 1994.
- [10] Schubert, G.: Aubereitung metallischer Sekundärrohstoffe.Band.I.VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig.1983
- [11]Nijkerk, A.A.- Dalmijn, W.L.: Handbook of Recycling Techniques. NOVEM/NOH (ISBN 90-802909-3-9). Hague, 2001
- [12] Schubert, H.: Aubereitung fester Stoffe,Band II> Sortierprozesse, Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie.Leipzig ,1996
- [13] Schubert, G.: Automatische Klaubung der Metalle, des Glases und der anderen Abfälle Vorlesung für ungarische Studenten. Miskolci Egyetem. Eljárás technika Tanszék Miskolc, 16 May 2000
- [14] Schubert, G.: Processing of scrap and metalliferous waste material - communities and specialities by contrast with mineral raw material processing. XVII. International Mineral Processing Congress, Dresden, September 23-28, 1991.pp.Preeprints.VII., pp.1-19.
- [15]Schubert, G. – Warlitz, G.: Sortierung von Metall-Nichtmetall-Gemischen mittels Koronawalzenscheider. Aubereitungs-Technik 35 (1994) Nr.9, p. 449-456.
- [16]Schubert, H.: Wirbelstromsortierung - Grundlagen, Scheider, Anwendungen. Aubereitungs-Technik 35 (1994) Nr.11, p. 553-562.
- [17] Schubert. G.: Aubereitung der NE-Metallschrotte und NE-metallhaltigen Abfälle - Teil 1. Aubereitungs-Technik 32 (1991) Nr.2, p. 78-89.
- [18]Schubert, G.: Aubereitung der NE-Metallschrotte und NE-metallhaltigen Abfälle - Teil 2.Aubereitungs-Technik 32 (1991) Nr.7, p. 352-357.

- [19] Spaniol, H. – Koch, P.: Automatische Klaubung beim Werkstoffrecycling mittels Thermographie. XLVI. Berg- und Hüttenmännischer Tag Juni 1995, Freiberg, Kolloquium 8. NOELL ABFALL-UND ENERGIETECHNIK GMBH
- [20] Koch, P. – Köhler, F.: Ergebnisse bei der Dichtesortlerung von Elektronikschrotten. XLVI. Berg- und Hüttenmännischer Tag Juni 1995, Freiberg, Kolloquium 8. NOELL ABFALL-UND ENERGIETECHNIK GMBH
- [21] Csöke, B. - Egyedi, Cs.: Autóhulladék-komponensek száraz szétválasztásának kísérleti vizsgálata. BKL Kohászati, (1994) 127.évf. 11-12.sz. p. 478-481.
- [22] Hans, J. L. – Wijnand, V.- Dalmijn, L. – Willem, P.- Duyvesteyn, C.: Eddy-current separation methods with permanent magnets for the recovery of non-ferrous metals and alloys. *Erzmetall* 41 (1998) Nr.5, p. 266-274.
- [23] Morgan, D.G. – Bronkala, W.J.: The Selection and Application of Magnetic Separation Equipment. Part I. *Magnetic and Electrical Separation*, Vol. 3. pp. 5-16.
- [24] Veasey, T.J.-Wolson, R.J.- Squires, D.M.: *The Physical Separation and Recovery of Metals from Wastes*. Gordon and Breach Science Publishers. Switzerland, Australis..., USA. 1993. Cop. OPA (Amsterdam). ISBN 2-88124-916-7
- [25] Dalmijn, W.L.: Development in Sorting Technologies for Non.ferrous Scrap Metals. XVII. International Mineral Processing Congress, Dresden, September 23-28, 1991.pp.Preeprints.VII., pp.81-98
- [26] Dalmijn, W.L.: Dry Density Separation of 4-16 mm of Non.ferrous Car Scrap. XX. International Mineral Processing Congress, Aachen, September 21-26, 1997.pp.Proceedings.Vol. 5., pp.189-200