

**Considerații privind separarea
plasticului și aluminului din
deșeuri de echipamente electrice
și electronice, în vederea
reciclării**

Camelia Bungărdean,
*Universitatea Tehnică Cluj-
Napoca, Cluj-Napoca, România*
Vasile Filip Soporan
*Universitatea Tehnică Cluj-
Napoca, Cluj-Napoca, România*
Oana Cornelia Salanță
*Universitatea Tehnică Cluj-
Napoca, Cluj-Napoca, România*

**Considerations concerning the
separation of plastic and
aluminum from waste electrical
and electronic equipment, for
recycling**

Camelia Bungărdean,
*Technical University of Cluj-
Napoca, Cluj-Napoca, Romania*
Vasile Filip Soporan
*Technical University of Cluj-
Napoca, Cluj-Napoca, Romania*
Oana Cornelia Salanță
*Technical University of Cluj-
Napoca, Cluj-Napoca, Romania*

REZUMAT:

Articolul oferă o imagine de ansamblu asupra tehnologiilor de separare a deșeurilor, disponibile atât la nivel industrial cât și la nivel de laborator pentru a îmbunătăți puritatea deșeurilor de aluminiu și material plastic și implicit pentru a facilita reciclarea. Deșeurile de echipamente electrice și electronice au o componență complexă, mai exact ele conțin pe lângă plastic și aluminiu, fontă, oțel, sticlă, cauciuc, lemn, ceramice, cupru și altele care dacă sunt aruncate la întâmplare sau necorespunzător reciclate, pot deveni deosebit de periculoase pentru mediu și pentru sănătatea noastră. Separarea constituie o etapă importantă în procesul de reciclare și se poate realiza prin diferite metode: separare magnetică, separare Eddy Current, separare în funcție de densitatea deșeurilor și separare electrostatică.

CUVINTE CHEIE: reciclare, separare, material plastic, aluminiu, DEEE.

1. INTRODUCERE

Reciclarea este procesul de re folosire a materialelor și produselor vechi pentru crearea altora, fără a apela

ABSTRACT:

The article provides an overview of the waste separation technologies, available at both industrial and laboratory level for improving the purity of aluminum and plastic wastes and thereby to facilitate recycling. Waste electrical and electronic equipment have a complex composition, specifically they contain in addition to the plastic and aluminum, cast iron, steel, glass, rubber, wood, ceramic, copper and others that if thrown randomly or improperly recycled, can become particularly dangerous for the environment and for our health. Separation is an important stage in the process of recycling and can be achieved by different methods: magnetic separation, Eddy Current separation, density based separation, and electrostatic separation.

KEY WORDS: recycling, separation, plastics, aluminum, WEEE.

1. INTRODUCTION

Recycling is the reuse of old materials and products for the creation of others, without appeal to new raw materials, thereby reducing energy

la materii prime noi, reducând astfel consumul de energie necesar extragerii materiilor prime, respectiv distrugerii deșeurilor.

Deșeurile de echipamente electrice și electronice reprezintă în principal un amestec de metale, materiale plastice, sticlă sau alte materiale și substanțe.

În procesul de reciclare al acestora se parcurg următoarele etape:

1. Recuperarea: se verifică dacă DEEE-urile mai sunt în stare de funcționare în vederea reutilizării

2. Pre-tratarea: se separă și se sortează deșeurile și se extrag substanțele periculoase

3. Tratarea: se realizează prin mărunțirea echipamentelor în diverse etape tehnologice.

4. Separarea fracțiilor: metale – nemetale, feroase – neferoase și se separă substanțele periculoase.

Deșeurile sunt procesate în fracții cât mai omogene: metale feroase și neferoase, plastice, spumă poliuretanică, sticlă, lemn, extragerea substanțelor periculoase: freon, ciclopentan, mercur, cadmiu, plumb.

Pentru a facilita reciclarea este necesară o separare cât mai eficientă a deșeurilor de material plastic și aluminiu.

Reciclarea aluminiului este foarte importantă pentru durabilitatea industriei aluminiului și prezintă multe avantaje atât de mediu cât și din punct de vedere economic. Materialele plastice au o pondere foarte mare de folosire pe plan mondial, datorită avantajelor pe care le prezintă: cost redus, greutate specifică redusă, manevrabilitate foarte mare, tehnologie de fabricație ieftină.

2. CADRUL LEGISLATIV

Gestionarea DEEE-urilor este prevăzută în acte legislative transpuse din normele europene, cum ar fi:

- Directiva 2002/96/CE privind deșeurile de echipamente electrice și electronice

consumption required by extraction of raw materials, or the destruction of waste.

Waste electrical and electronic equipment is mainly a mixture of metals, plastics, glass or other materials and substances.

In the process of recycling are performed the following steps:

1. Recovery: checking if WEEE are still in running order for re-use

2. Pretreating: separation and sorting of waste, dangerous substances are extracted.

3. Treatment: is done by shredding the equipments in various stages.

4. Separation of fractions: metals – nonmetals, ferrous – nonferrous and the separation of dangerous substances.

Wastes are processed in more homogeneous fractions: ferrous and non-ferrous metals, plastics, polyurethane foam, glass, wood, extraction of dangerous substances: freon, ciclopentan, mercury, cadmium, lead.

To facilitate recycling is needed an effective separation of plastic and aluminum wastes.

Aluminium recycling is very important for the sustainability of aluminium industry and presents many advantages both environmentally and economically. Plastic materials have a very high proportion of use worldwide, thanks to the advantages it presents: low cost, low specific weight, very high maneuverability, cheap manufacturing technology.

2. THE LEGISLATIVE FRAMEWORK

Management of WEEE is laid down in legislative acts transposed from the European regulations, such as:

- Directive 2002/96/EC on waste electrical and electronic equipment[8]

[8]

- ORDIN nr. 901 / 30.09.2005 privind aprobarea măsurilor specifice pentru colectarea deșeurilor de echipamente electrice și electronice [8]

- ORDER No. 901/30.09.2005 approving specific measures for the collection of waste electrical and electronic equipment.[8]

3. DATE STATISTICE

În România, diferența dintre cantitatea de echipamente puse pe piață și cantitatea de echipamente colectate de la consumatori este cea mai mare de la nivelul Uniunii Europene. Cu alte cuvinte, colectăm cel mai puțin, atât ca și cifră absolută cât și ca procent din cantitatea pe care o consumăm (Figura 1).[9]

Conform normelor europene și legislației românești care le transpune, până în anul 2008, rata medie anuală de colectare a deșeurilor electrice trebuia să atingă 4 kg/locuitor. În anul 2008 a fost colectată o cantitate echivalentă cu un sfert din această țintă, adică aproximativ 1kg/locuitor. Mai mult decât atât, chiar și din deșeurile electrice colectate, sunt tratate mai puțin de 40 %, și doar 26 % sunt valorificate prin reutilizare sau reciclare.[9]

3. STATISTICAL DATA

In Romania, the difference between the quantity of equipment put on the market and the amount of equipment collected from consumers is the largest in the European Union. In other words, we collect the least, both as absolute figure and as a percentage of the amount we consume (Figure 1).[9]

According to the European norms and romanian legislation in which they are transposed, by the year 2008, the average annual rate of collecting electrical waste must reach 4 kg/inhabitant. In 2008 was collected an amount equivalent to one-quarter of this target, i.e. approximately 1 kg/inhabitant. Moreover, even the collected electrical waste is treated less than 40 %, and only 26 % are capitalised through reuse or recycling.[9]

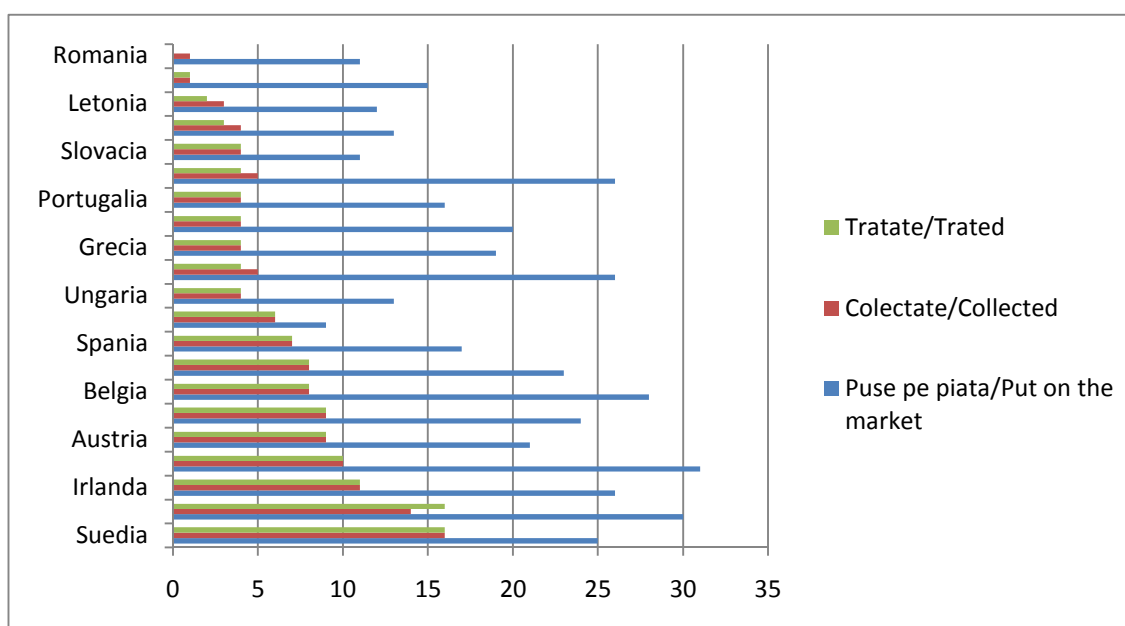


Figura 1. Cantitatea de DEEE puse pe piață, colectate și tratate, kg/persoană, 2008[9]

Figure 1. Amounts of WEEE put on the market, collected and capitalized, kg/person, 2008[9]

În anul 2008, conform normelor, în România ar fi trebuit să fie valorificată între 70 % și 80 % din cantitatea de deșeuri electrice colectate, în funcție de tipul de echipament. Rata de valorificare a fost de aproximativ 37 %. În ceea ce privește reutilizarea și reciclarea, țintele variază între 50 % și 75 %. Rata atinsă a fost de aproximativ 26 % (Figura 2).[9]

In 2008, according to the rules, in Romania should have been capitalized between 70 % and 80 % of the amount of electrical waste collected, depending on the type of equipment. Recovery rate was about 37 %. As regards of reuse and recycling, targets vary between 50 % and 75 %. The rate achieved was approximately 26 % (Figure 2).[9]

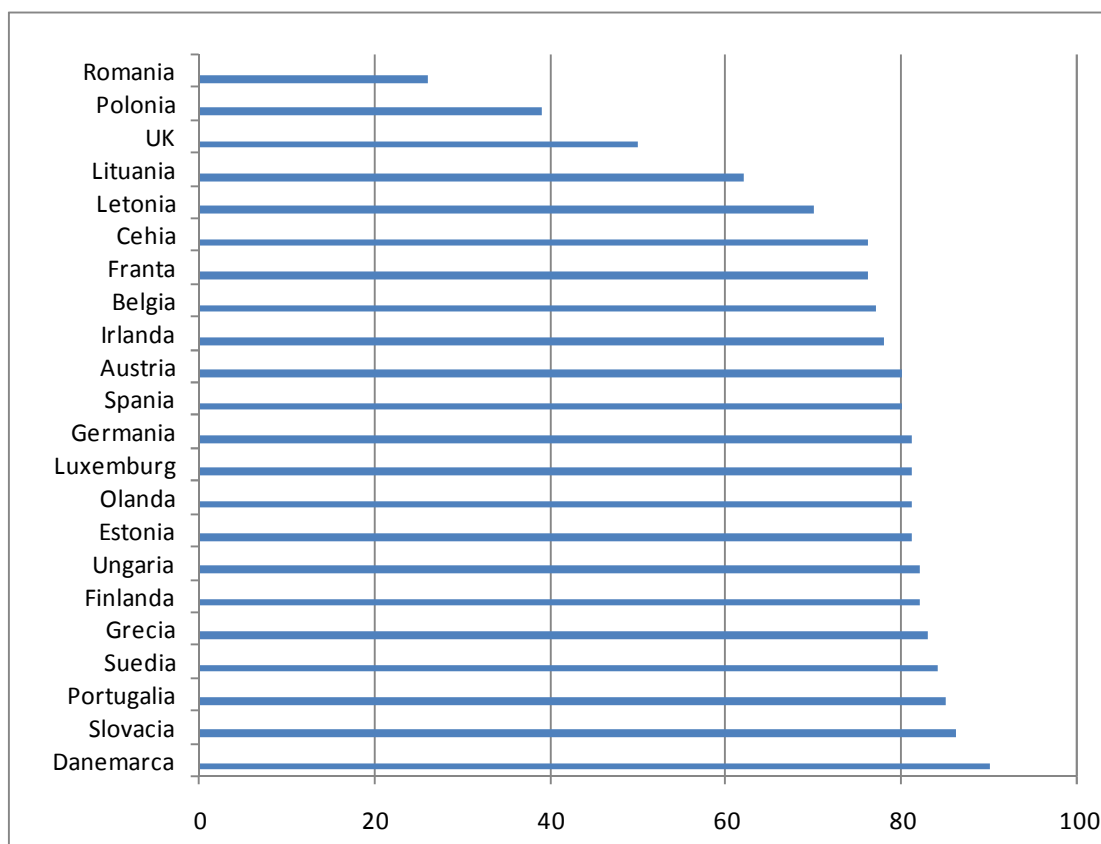


Figura 2. Procentul de DEEE reutilizate sau reciclate din total colectate, 2008[9]
 Figure 2. Percentage of reused or recycled WEEE from the total collected, 2008[9]

Materialele plastice reprezintă, din punct de vedere al cantității, al doilea constituent existent în DEEE – aproximativ 21 %. Dintre acestea, stirenii (ABS, ASA, SAN, PS, HIPS) și polipropilena (PP) constituie cam 70 % din totalul materialelor plastice utilizate; acești polimeri trebuie considerați ca prioritate pentru îmbunătățirea reciclării

The plastic materials are, in terms of quantity, the second constituent in WEEE – approximately 21 %. Of these, styrene (ABS, SAN, ASA, PS, HIPS) and polypropylene (PP) constitute about 70 % of all used plastics; these polymers should be considered as a priority for improving

materialelor plastice din DEEE.[10]

Metalele neferoase constituie, împreună cu metalele prețioase, 13 % din totalul deșeurilor de echipamente electrice și electronice. Aluminiu se găsește în motoare, radiatoare, casete.[10]

În figura 3 este prezentată componență complexă a deșeurilor de echipamente electrice și electronice.

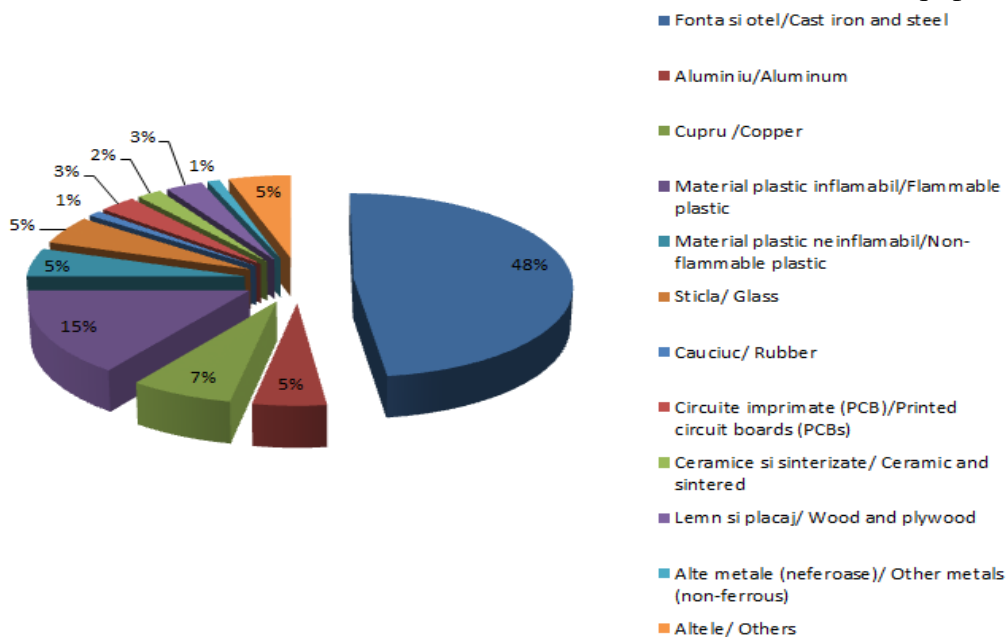


Figura 3. Componența complexă a DEEE
Figure 3. The complex components of WEEE

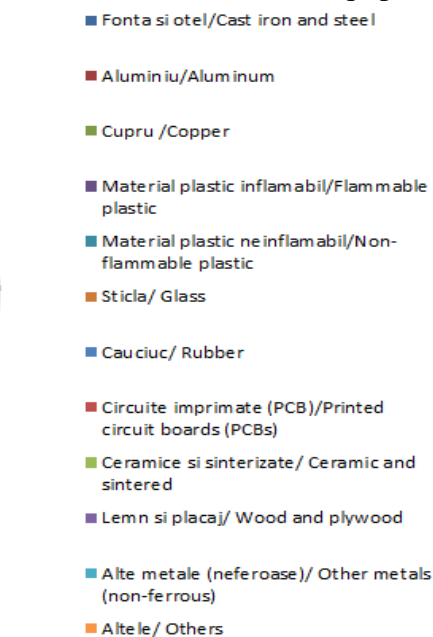
4. TEHNOLOGII DE SEPARARE

4.1. Separarea magnetică (figura 4.) este folosită pentru a separa componentele neferoase și feroase din deșeuri. De obicei, o bandă transportoare echipată cu magneți neodim NdFeB este alimentată cu deșeuri. Când deșeurile ajung la capătul benzii, acestea trec peste rola magnetică, iar particule non-magnetice sunt evacuate într-un buncăr. Particulele magnetic sensibile sunt atrase de rola magnetică sub banda transportoare astfel ele trec în jurul rolei și cad în al doilea buncăr din spatele primului. O barieră mecanică sau un despărțitor ajută la separarea celor două fluxuri de

the recycling of plastic materials from WEEE.[10]

Non-ferrous metals constitute, together with precious metals, 13 % of the total waste of electrical and electronic equipment. Aluminum is found in motors, radiators, boxes.[10]

In Figure 3 is shown the complex composition of waste electrical and electronic equipment.



4. SEPARATION TECHNOLOGIES

4.1. Magnetic separation (figure 4.) is a way to separate the non-ferrous and ferrous scrap components. Typically, a conveyor belt equipped with NdFeB magnets is fed with waste. As the waste reaches the end of the belt, where it passes over the magnetic roll, the non-magnetic particles are discharged into a hopper. The magnetically susceptible particles are attracted to the magnetic roll beneath the belt and therefore traveling part-way around the roll and land in a second hopper behind the first. A mechanical barrier or

particule.[4,3]

“splitter” helps segregate the two particle streams.[4,3]

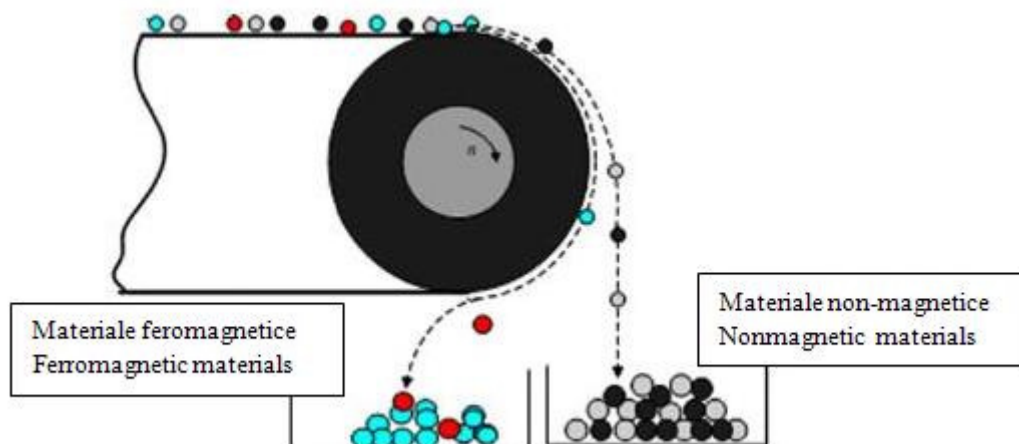


Figura 4. Schema separării magnetice a deșeurilor de echipamente electrice și electronice
Figure 4. magnetic separation scheme of waste electrical and electronic equipment

4.2. Separarea în funcție de densitate

Diferența de densitate dintre componente este baza acestei separări. Sortarea gravitațională separă materiale de diferite greutăți specifice în funcție de mișcarea lor relativă ca răspuns la forța de gravitație și una sau mai multe alte forțe, acesta din urmă adesea fiind rezistență la mișcare oferite de un lichid, cum ar fi apa sau aerul. Mișcarea unei particule într-un lichid este dependentă nu numai de densitatea particulei, dar de asemenea, de dimensiunea și forma ei, particulele mari, fiind mai mult afectate decât cele mai mici. [5,2]

Separarea prin plutire-scurfundare (spălare în medii dense) este o metodă de separare în funcție de densitate ce folosește suspensii pe bază de apă cu greutate specifică cunoscută pentru a separa materiale neferoase, cu densități diferite. Dintr-un flux de deșuri mărunțite (Tabelul 1), particulele fine sunt mai întâi eliminate din proces. Pentru un proces tipic în trei etape, fracțiunea rezultată începe într-o baie de apă (cu greutate specifică de 1 N/m^3), care permite separarea în mare parte a fracțiunilor nemetalice (materiale plastice, spume, lemn etc). Apoi, o baie cu greutatea specifică de 2.5 N/m^3 separă magneziul și masele plastice cu densitate mai mare. Pentru a controla greutatea specifică a băii, se adaugă praf de magnetită sau ferrosiliciu. Cea de-a treia baie are greutatea specifică de $3,5 \text{ N/m}^3$ și separă metalele din aluminiul forjat și turnat, lăsând în urmă componentele metalice grele, cum ar fi cuprul, zincul și plumbul.[5,2]

4.2. Density based separation

The difference in density of the components is the basis of separation. Gravity concentration separates materials of different specific gravity by their relative movement in response to the force of gravity and one or more other forces, the latter often being the resistance to motion offered by a fluid, such as water or air. The motion of a particle in a fluid is dependent not only on the particle's density, but also on its size and shape, large particles being affected more than smaller ones. [5,2]

Sink float/heavy media separation is a density based separation method that uses water-based slurries with known specific gravity to separate non-ferrous materials with differing densities. From a shredded scrap stream (Table 1), fine particles are first screened out of the process. For a typical three step process, the resulting course fraction starts in a water bath (specific gravity of one), which enables separation of much of the non-metallic fraction (plastics, foams, wood, etc.). Next, a 2.5 specific gravity bath separates magnesium and higher density plastics. To control the specific gravity of the bath, magnetite or ferrosilicon powder is added. The third bath has specific gravity of 3.5 and separates the cast and wrought aluminum metals out leaving behind heavier metal components such as copper, zinc, and lead.[5,2]

Tabelul 1. Densitatea unor componente dintr-un flux de deșuri
Table 1. Density of several waste components.

Componenta Component	Densitate Density (g/cm^3)	Componenta Component	Densitate Density (g/cm^3)
Cupru/Copper	8,0-9,0	Magneziu/Magnesium	1,7-1,9

Otel inox./ Stainless steel	7,6-8,0	Plastic/Plastic	0,9-1,5
Zinc/Zinc	5,5-7,2	Cauciuc/Rubber	0,8-0,9
Aluminiu/Aluminum	2,6-2,9	Spuma/Foam	0,01-0,5

4.3. Separarea Corona electrostatic

Separarea Corona electrostatic este un mijloc eficient și ecologic pentru recuperarea părților metalice și nemetalice din fluxuri de deșuri. Separarea electrostatică, definită ca "sortarea selectivă a corpurilor încărcate sau polarizate într-un câmp electric", prezintă o modalitate eficientă pentru reciclarea metalelor și nemetalelor din DEEE-uri fără sau cu impact negativ minim asupra mediului.[6]

Înainte ca separarea să aibe loc, se poate aborda o metodă de pre-procesare.

După finalizarea pre-procesării, separarea corona electrostatică este aplicată. În procesul de separare corona electrostatică, particule metalice și nemetalice sunt încărcate electrostatic când intră într-un câmp și sunt "bombardate cu ioni " de o încărcare corona. O încărcare corona este o descărcare electrică, realizată datorită ionizării unui fluid din jurul unui conductor, dar condițiile sunt insuficiente pentru a provoca o descărcare electrică completă. Particulele metalice sunt descărcate rapid la electrodul de împământare în timp ce nemetalele încărcate pe de altă parte sunt "ținute" de forța electrică de rola în rotație și rotite cu rola până când în cele din urmă sunt eliberate în rezervoare colectoare. Separarea este realizată datorită forțelor de câmp electric diferite ce acționează pe particulele metalice și nemetalice.[6]

4.4. Separarea utilizând curenți turbionari (Eddy current) (fig. 5) profită de gama largă de conductivitate a multora dintre deșeurile amestecate.

4.3. Corona electrostatic separation

Corona electrostatic separation is an efficient and environmentally-friendly mean for recovering metals and non-metals from waste streams. Electrostatic separation, defined as "the selective sorting of charged or polarized bodies in an electric field," presents an effective way for recycling metals and nonmetals from WEEE without or with minimal negative impact to the environment.[6]

Before the separation can take place, a pre-processing method may be adopted.

After the pre-process is completed, corona electrostatic separation is introduced. In the corona electrostatic separation process, metals and nonmetal particles are electrostatically induced when entering a field and are "ion bombarded" with a corona charge. A corona charge is an electrical discharge brought on by the ionization of a fluid surrounding a conductor but conditions are insufficient to cause complete electrical breakdown. Metal particles are discharged rapidly to the earthed electrode while the charged nonmetals on the other hand are "pinned" by the electrical image force to the rotating roll and rotate with the roll until they finally are released into the holding tanks. The separation is achieved due to the different electric field forces working on the metal and nonmetallic particles.[6]

4.4 Eddy current separation (fig.5) takes advantage of the large range in

Separarea Eddy Current este un concept similar separării magnetice. Un rotor este aliniat cu magneți neodim cu poli alternativi nord și sud. Rotorul produce un câmp magnetic extern, care respinge metalele non-magnetice conductoare electric; acest lucru duce la expulzarea lor din fluxul de deșeuri, lăsând particulele non-metalice. Câmpul magnetic poate fi controlat prin viteza rotorului. Materiale cu conductivități diferite vor produce curenți turbionari diferiți și prin urmare vor fi aruncate la diferite distanțe. Prin așezarea de recipiente de colectare, la aceste distanțe variabile față de rotor, este posibil să se separe fluxul de deșeuri în funcție de metalul de bază.[1,7]

conductivities of many of the mixed scraps. Eddy current separation is a similar concept to magnetic separation. A rotor is lined with NdFeB magnets with alternating north and south poles. The rotor produces an external magnetic field which repels nonmagnetic electrically conductive metals; this results in their expulsion from the scrap stream, leaving the non-metallic particles. The magnetic field can be controlled with the speed of the rotor. Materials with different conductivity will produce different eddy currents and therefore will be thrown at different distances. Through the settlement of collection containers at these distances variables to the rotor, it is possible to separate the flow of waste depending on the metal base.[1,7]

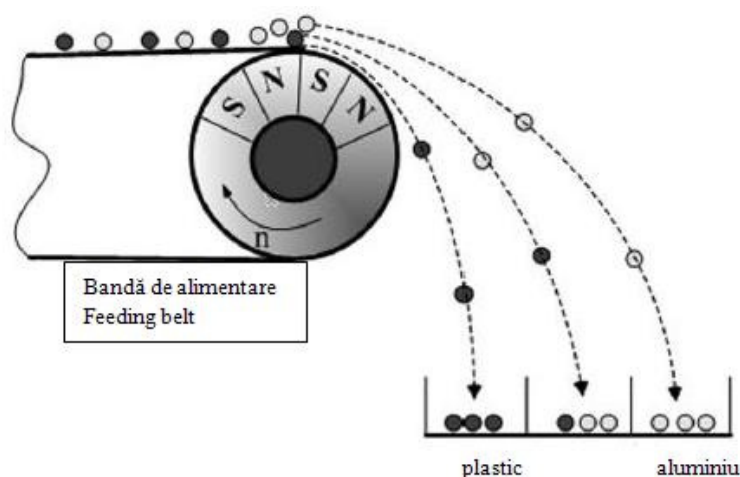


Figura 5. Schema separării Eddy Current a deșeurilor de aluminiu și plastic din echipamente electrice și electronice

Figure 5. Eddy Current separation scheme of aluminum and plastic from waste electrical and electronic equipment

5. STUDIU COMPARATIV PRIVIND TEHNICILE DE SEPARARE

Deșeurile de echipamente electrice și electronice au o componență complexă și necesită aplicarea de tehnologii succesive de separare, fiecare reprezentând un

5. COMPARATIVE STUDY ON SEPARATION TECHNIQUES

Waste electrical and electronic equipment have a complex composition and requires the application of successive separation

compromis între costul și îmbunătățirea potențialului de utilizare (sau reciclare) a deșeurilor. Tehnicile de separare prezentate sunt utilizate în funcție de necesitățile producătorilor sau procesatorilor. Caracteristicile de bază și condițiile de utilizare ale acestor tehnici sunt prezentate în tabelul 2.

technologies, each representing a compromise between cost and improving the potential of use (or recycling) of waste. The separation techniques presented are used depending on the needs of producers or processors. The basic characteristics and conditions of use for these techniques are presented in table 2.

Tabelul 2. Caracterizarea și condițiile de utilizare a tehnicilor de separare.
Table 2. Characterization and conditions of use of the separation techniques.

Tehnica de separare a deșeurilor Waste separation technique	Caracteristici Features	Condiții de utilizare Terms of use
Separare magnetică Magnetic Separation	Separarea componentelor neferoase Separation of non-ferrous components.	Utilizare largă în industrie. Wide use in industry.
Separare prin Eddy current Eddy Current Separation	Separarea deșeurilor metalice de cele nemetalice. Separation of scrap metal and non-metallic scrap.	Utilizare largă în industrie. Wide use in industry.
Separare în funcție de densitatea deșeurilor Density Based Separation	Separarea componentelor neferoase între ele (Al, Mg, Cu). Separation of non-ferrous components between them (Al, Mg, Cu).	Utilizare limitată în industrie. Limited use in industry.
Separare Corona electrostatic Corona Electrostatic Separation	Separarea părților metalice și nemetalice. Separation of metallic and nonmetallic parts.	Utilizare la nivel de laborator. Use at laboratory level.

CONCLUZII

Pentru a atinge un flux relativ pur de deșeuri pentru topire, acestea vor fi supuse la o varietate de tehnologii de separare fizică. Tehnologiile utilizate și succesiunea lor de utilizare variază între diferiți producători secundari și procesatori de deșeuri.

Reciclarea aluminiului este foarte importantă pentru durabilitatea industriei aluminiului și prezintă multe avantaje atât de mediu cât și din punct de vedere

CONCLUSION

To achieve a relatively pure stream of waste for melting, waste will be subjected to a variety of physical separation technologies. The technologies used and the sequence of their use varies between different manufacturers and processors of secondary waste.

Aluminum recycling is very important for the sustainability of aluminum industry and presents many

economic. Materialele plastice au o pondere foarte mare de folosire pe plan mondial, datorită avantajelor pe care le prezintă: cost redus, greutate specifică redusă, manevrabilitate foarte mare, tehnologie de fabricație ieftină.

Reducerea cantității de materiale reciclabile, este de fapt un mijloc prin care nu se reduce materia primă folosită la fabricarea aceluși produs, ci cantitatea de materiale reciclabile ajunse la depozitul de deșeuri. Statele dezvoltate au promovat această activitate de reciclare la rangul de afacere pentru firmele cu acest obiect de activitate, iar factorul principal care a stat la baza acestui succes l-a constituit educația. Există o varietate de soluții la impactul negativ asupra reciclării, ca urmare a acumulării de elemente nedorite, fiecare reprezentând un compromis între costul și îmbunătățirea potențialului de utilizare (sau reciclare) a deșeurilor. Tehnologiile fizice de separare pot fi aplicate la o gamă largă de fluxuri de deșeuri. Deșeurile de echipamente electrice și electronice au o componență complexă, iar dacă sunt aruncate la întâmplare sau necorespunzător reciclate, pot deveni deosebit de periculoase pentru mediu și pentru sănătatea noastră.

REFERINȚE

1. F. Settimo, P. Bevilacqua, Separarea Eddy Current a particulelor fine neferoase, Separare fizică în știință și inginerie, Vol. 13, Nr. 1/2004, pag. 15–23.
2. Gabrielle Gaustada, Elsa Olivetti, Randolph Kirchainb, Îmbunătățirea reciclării aluminiu: un sondaj de sortare și impuritate tehnologii de eliminare, Resurse, conservarea și reciclare, 58 (2012) 79–87.
3. <http://www.ptonline.com/articles/magnetic-separation-simplifies-multi-material-scrap-recovery>.

advantages both environmentally and economically. Plastic materials have a very high proportion of use worldwide, thanks to the advantages it presents: low cost, low specific weight, very high maneuverability, cheap manufacturing technology.

Reducing the amount of recyclable material, is actually a mean by which you don't reduce the amount of raw material used in the manufacture of that product, but the amount of recyclable materials received at the landfill. Developed states have promoted this recycling activity to business for firms with this activity, and the main factor that stood at the basis of this success was education. There are a variety of solutions to the negative impact on recycling due to the accumulation of unwanted elements, each representing a compromise between cost and improving the potential of use (or recycling) of waste. Physical separation technologies can be applied to a wide range of waste streams. Waste electrical and electronic equipment have a complex composition, and if thrown randomly or improperly recycled, can become particularly dangerous for the environment and for our health.

REFERENCES

1. F. Settimo, P. Bevilacqua, „Eddy current separation of fine non-ferrous particles from bulk streams”, Physical Separation in Science and Engineering, Vol. 13, Nr. 1/2004, pag. 15–23.
2. Gabrielle Gaustada, Elsa Olivetti, Randolph Kirchainb, „Improving aluminum recycling: A survey of sorting and impurity removal technologies”, Resources, Conservation and Recycling 58 (2012) 79–87.
3. <http://www.ptonline.com/articles/magnetic-separation-simplifies-multi-material-scrap-recovery>

4. Jirang Cui*, Eric Forsberg, Reciclarea mecanică a deșeurilor de echipamente electrice și electronice: o revizuire, Jurnal a materialelor periculoase, B99 (2003) 243–263.
5. Jujun Ruan, Jia Li, Zhenming Xu, Linie de producție pentru recuperarea cartușelor de tonere uzate" , Jurnal a materialelor periculoase, 185 (2011) 696–702.
6. Kealeboga Merafhe, Monitorizarea în timp real a separării corona-electrostatică în reciclarea deșeurilor de circuite de imprimate, April 27, 2011.
7. S. Zhang, Recuperarea aluminiu de resturi electronice prin separatorul Eddy current, Resurse, conservarea și reciclare, nr. 23/09.1998, pag.225-241.
8. www.anpm.ro
9. www.eco-social.ro
10. http://www.deseurielctrice.ro/alte/studiu_costuri_gestionare_DEEE.pdf

4. Jirang Cui*, Eric Forsberg, „Mechanical recycling of waste electric and electronic equipment: a review”, Journal of Hazardous Materials B99 (2003) 243–263.
5. Jujun Ruan, Jia Li, Zhenming Xu, „An environmental friendly recovery production line of waste toner cartridges”, Journal of Hazardous Materials 185 (2011) 696–702.
6. Kealeboga Merafhe, „Real-time monitoring for corona-electrostatic separation in recycling waste printed circuit boards”, April 27, 2011.
- 7.S. Zhang, Aluminum recovery from electronic scrap by High-Force® eddy-current separator, Resources, Conservation and Recycling nr. 23/09.1998, pag.225-241.
8. www.anpm.ro
9. www.eco-social.ro
10. http://www.deseurielctrice.ro/alte/studiu_costuri_gestionare_DEEE.pdf